



UNIVERSIDADE DA CORUÑA
Instituto Universitario de Xeoloxía

**GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS
Y BOSQUES NATIVOS DE LA CUENCA DEL ARROYO
FELICIANO, ENTRE RÍOS. ARGENTINA**

TESIS DOCTORAL

**GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS
Y BOSQUES NATIVOS DE LA CUENCA DEL ARROYO
FELICIANO, ENTRE RÍOS. ARGENTINA**

Presentada por
Emilia Corina Romero

Directores
**Dr. Eduardo Luis Díaz Ucha
Dra. Eva Vidal Vázquez
Dr. Jorge Paz Ferreiro**

**Emilia
Corina
Romero**

2013

A Coruña, Enero 2013



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Instituto Universitario de Xeoloxía

TESIS DOCTORAL

GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS Y BOSQUES NATIVOS DE LA CUENCA DEL ARROYO FELICIANO, ENTRE RÍOS, ARGENTINA

**Presentada por:
Emilia Corina Romero**

**Directores:
Dr. Eduardo Luis Díaz Ucha
Dra. Eva Vidal Vázquez
Dr. Jorge Paz Ferreiro**



D. Eduardo Luis DÍAZ UCHA, Profesor Titular de Riego y Drenaje en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER), Argentina, **Dña. Eva VIDAL VÁZQUEZ**, Profesora Contratada Doctora del Área de Edafología y Química Agrícola de la Universidade da Couña (UDC) y **D. Jorge PAZ FERREIRO**, Investigador del Programa “Juan de la Cierva” del Departamento de Edafología de la Universidad Politécnica de Madrid (UMP),

CERTIFICAN:

Que la presente Memoria titulada “*Gestión Integrada de los Recursos Hídricos y Bosques Nativos de la Cuenca del Arroyo Feliciano, Entre Ríos, Argentina*” que para optar al grado de Doctor por la Universidade da Coruña presenta **Dña. Emilia Corina ROMERO**, ha sido realizada bajo nuestra dirección y supervisión.

Considerando que constituye trabajo de *Tesis Doctoral*, autorizamos su presentación en Instituto Universitario de Xeoloxía de la Universidade da Coruña.

Y para que así conste, expedimos el presente certificado en A Coruña, a 3 de Enero de 2013.

Fdo. Eduardo Luis Díaz Ucha

Fdo. Eva Vidal Vázquez

Fdo. Jorge Paz Ferreiro

*Dedico este trabajo a: José Luis, y a nuestros Hijos
Sol, Esmeralda y José María Zufiaurre
A quienes amo con todo mi ser*

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a todas aquellas personas que han contribuido con sus conocimientos, aportes, gestión y afecto para concretar esta tesis doctoral como son:

Los principales motivadores, mi hermosa Familia: José Luis, José María, Sol y Esmeralda, que con el amor, apoyo, confianza y comprensión, que siempre me brindan, he podido realizar esta carrera.

Mis directores, Dr. Eduardo Díaz, Dra. Eva Vidal Vázquez y Dr. Jorge Paz Ferreiro, quienes me han alentado en todo momento, siendo generosos con sus conocimientos, dedicación, preocupación, que son valiosos aportes para mi formación profesional, y fundamentalmente desde el punto de vista humano, gracias.

A la Universidad de A Coruña que me permitió realizar mis estudios, y al equipo de trabajo del Dr. Antonio Paz González, como a la Dra. Eva Vidal Vázquez, el Dr. Jorge Paz Ferreiro, a Roger Mestas Valero y Rosane da Silva Dias.

A la Universidad Nacional de Entre Ríos y a la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica de la Nación que financiaron el Proyecto PICT-O N° 30778 “Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Arroyo Feliciano. Entre Ríos” en el marco del cual se llevaron adelante las investigaciones.

A todos los integrantes del PICT-O N° 30778, y de quienes algunos trabajos forman parte de esta tesis, como:

Al Sr. José Luis R. Zufiaurre, quien con su valioso aporte contribuyó con casi todos los trabajos del PICT-O N° 30778., y el de esta tesis.

A la Dra. Graciela Boschetti, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Entre Ríos, con su aportes en los análisis de suelos y aguas, y en la descripción de suelos de la cuenca.

Al Dr. Eduardo Zamanillo, a la Lic. Silvina San Miguel, a la Lic. María J. Tito y el Lic. Carlos Alvez, de la Facultad de Ciencias de la Administración de la

Universidad Nacional de Entre Ríos, por el apoyo con el modelo SIMHUNER; Balance Hidrológico, precipitaciones, entre otros, de la cuenca.

A los Ing. Agr. Pablo Solier y Germán Barredo, a quienes agradezco profundamente por sus valiosos aportes en este trabajo.

A la Ing. Mónica García por sus valiosos aportes sobre parámetros fisiográficos de la cuenca, hidrología, que empleé en este trabajo.

A las autoridades de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la U.N.E.R., quienes a través de sus permisos para el cursado de la carrera, utilización de los laboratorios para la realización de los análisis y otras tareas afines, pude concretar estos estudios.

A todos los otros integrantes de mi familia, que están siempre alentándome en mis emprendimientos, brindándome su cariño, apoyo y confianza, como Blanca, Sonia, Carolina, Andrea y mis demás hermanos. Y a los que siempre estarán presentes, en mi corazón, como mis Padres, Juana Eudisia Gramasco y Andrés Julián Romero, Daniela, Emilio.

Un agradecimiento fraterno a todos mis amigos y compañeros de trabajo: Magda Ronchi, Mirta Maidana, Graciela Boschetti, Olga Ermácora, Carlos Debona, Estela Spahn, Griselda Carñel, Romina Befani, Betina Tonelli, Josefina Cruañes, César Quintero, Gabriel Villanova, Daniel Tomasi, Susana Rothman, Ricardo Díaz, Nino, todos los estudiantes del Laboratorio de Suelos y el personal de servicios y administrativo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNER.

Y los amigos siempre presentes como el Tano Valenti y Anibal Chajud.

Seguramente hay otras personas a quienes deseo agradecerles y entregarles mi afecto, por haberme ayudado para la concreción de esta tesis.

A Todos muchas gracias!

RESUMEN

El área de estudio comprende la cuenca del Arroyo Feliciano, la segunda en extensión de la Provincia de Entre Ríos, con 8199 km². Cuenta con una demanda creciente de sus recursos hídricos por la intensa agriculturización, con cambio repentino en el uso del suelo, pasando de una ganadería extensiva y bajo bosque natural, al uso arrocerero - sojero. Los acuíferos presentes en casi la totalidad de su superficie son de baja aptitud físico-química, lo que genera inconvenientes a la población rural y a sus actividades. Se sabe que la cuenca, sea en forma independiente o interconectada con otras, es la unidad territorial más aceptada para la gestión integrada de los recursos hídricos y de los bosques nativos. Las políticas para utilizar el territorio de una cuenca como base para la gestión del agua y los bosques han tenido diferentes enfoques y una desigual evolución en los países de América Latina y el Caribe. A pesar de los obstáculos existentes, se observa un interés generalizado por crear y operar organismos de cuenca para mejorar la gestión integrada del agua y los bosques. El tema ha recobrado vigencia en los años recientes, debido a que los países de la región están tratando de lograr metas de gestión integrada de los recursos hídricos, naturales y de desarrollo sostenible. Se logró diseñar un SIG que permitirá contribuir a la toma de decisiones en la gestión de los recursos y contingencias, por parte de las autoridades de aplicación. Se logró plantear el balance hídrico, confeccionando el SIG basado en el mapeo de las variables de relevancia hidrológica, que permitirá establecer la plataforma para la toma de decisión de políticas de los recursos hídricos y naturales. Se logró caracterizar el aspecto físico de la cuenca, se describió el clima, geología, geomorfología, vegetación, sus suelos y usos, calidades de las aguas superficiales y subterráneas, entre otros. Se caracterizaron, por su aptitud físicoquímica y bacteriológica, los recursos hídricos de la cuenca para su destino a riego, consumo animal y humano. Debido al dominio de las características vérticas de los suelos, en la cuenca encontramos suelos con marcadas limitaciones para el uso agrícola. En el 92% de la superficie de la cuenca las pérdidas por erosión son menores a 0,5 Mg/ha/año, explicado

por el predominio del bosque nativo como cobertura vegetal. El valor de agua virtual exportada, para el caso de la Cuenca, es de $1,94 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{año}$ lo que representa un 28,5% del total de agua virtual de la Provincia de Entre Ríos. Esta cuenca viene sufriendo, desde hace mucho tiempo, severas talas de bosques nativos, los cuales van siendo reemplazados en su mayor parte por agricultura. Se actualizó la superficie de bosques, se hizo clasificación digital no supervisada y clasificación supervisada, en la estratificación de cobertura del suelo, se utilizó la clasificación propuesta por FAO (documento FRA 2000-2005), con adecuación a las características y particularidades locales. Se confeccionaron mapas temáticos presentando el avance de la agricultura en detrimento del bosque nativo. En el 2003 se contaba con una superficie total de bosques nativos de 533.820,328 ha; y en el 2006 519.695,983 ha. Con este trabajo se logró actualizar el inventario forestal, lo cual permitirá contar con información para evaluar el efecto de la agriculturización y de impacto ambiental, sobre los bosques nativos de la cuenca. En la población rural dispersa existen una gran cantidad de viviendas precarias de baja calidad de construcción, mala disposición de espacios funcionales para cada actividad, pequeñas localidades, pueblos y parajes de menor densidad de población y económicamente más atrasadas con localidades de mayor desarrollo. En infraestructura se observa una red de caminos rurales en malas condiciones, intransitables durante grandes periodos del año, red de electrificación rural que no atiende a muchas zonas de la cuenca; redes de distribución de agua en parajes y pueblos con obras inconclusas; deficiente prestación de los servicios de salud a la población rural por baja cobertura territorial; escuelas rurales en malas condiciones edilicias y de equipamiento; ausencia de espacios comunitarios y recreativos; deficiencia en los medios de transporte terrestre y los caminos no están preparados para soportar tránsito pesado. Fue posible elaborar una metodología para la gestión integrada y manejo sostenible de los recursos hídricos y naturales de la Cuenca del Arroyo Feliciano, y se demostró, en función de los resultados de este trabajo, que el avance de la agricultura extensiva se ha basado en la ocupación de los espacios naturales antes ocupados por bosques nativos, y que ha impactado en los mismos.

RESUMO

A área de estudo comprende a conca do “Arroyo Feliciano”, a segunda en extensión da Provincia de Entre Ríos, con 8199 km². Conta cunha demanda crecente dos seus recursos hídricos pola intensa agriculturización, con cambio repentino no uso do solo, pasando dunha gandaría extensiva e baixo bosque natural, a plantacións de arroz e soia. Os acuíferos presentes en case a totalidade da súa superficie son de baixa aptitude físico-química, o que xera inconvenientes á poboación rural e ás súas actividades. Sábese que a conca, sexa en forma independente ou interconectada con outras, é a unidade territorial máis aceptada para a xestión integrada dos recursos hídricos e dos bosques nativos. As políticas para utilizar o territorio dunha conca como base para a xestión da auga e os bosques tiveron diferentes enfoques e unha desigual evolución nos países de América Latina e o Caribe. A pesar dos obstáculos existentes, obsérvase un interese xeneralizado por crear e operar organismos de conca para mellorar a xestión integrada da auga e os bosques. O tema recobrou vixencia recentemente, debido a que os países da rexión están a tratar de lograr metas de xestión integrada dos recursos hídricos, naturais e de desenvolvemento sostible. Logrouse deseñar un SIG que permitirá contribuír á toma de decisións na xestión dos recursos e continxencias, por parte das autoridades de aplicación. Logrouse formular o balance hídrico, confeccionando o SIG baseado no mapeo das variables de relevancia hidrolóxica, que permitirá establecer a plataforma para a toma de decisión de políticas dos recursos hídricos e naturais. Logrouse caracterizar o aspecto físico da conca, describiuse o clima, xeoloxía, xeomorfoloxía, vexetación, os seus solos e usos, calidades das augas superficiais e subterráneas, entre outros. Caracterizáronse, pola súa aptitude físicoquímica e bacteriolóxica, os recursos hídricos da conca para o seu destino a regadío, consumo animal e humano. Debido ao dominio das características vérticas dos solos, na conca encontramos solos con marcadas limitacións para o uso agrícola. No 92% da superficie da conca as perdas por erosión son menores a 0,5

Mg/ha/ano, explicado polo predominio do bosque nativo como cobertura vexetal. O valor de auga virtual exportada, para o caso da conca, é de $1,94 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{ano}$ o que representa un 28,5% do total de auga virtual da Provincia de Entre Ríos. Esta conca vén sufrindo, dende hai moito tempo, severas tallas de bosques nativos, os cales van sendo substituídos na súa maior parte por agricultura. Actualizouse a superficie de bosques, fíxose clasificación dixital non supervisada e clasificación supervisada, na estratificación de cobertura do solo, utilizouse a clasificación proposta por FAO (documento FRA 2000-2005), con adecuación ás características e particularidades locais. Confeccionáronse mapas temáticos presentando o avance da agricultura en detrimento do bosque nativo. No 2003 contábase cunha superficie total de bosques nativos de 533.820,328 ha; e no 2006 519.695,983 ha. Con este traballo logrouse actualizar o inventario forestal, o cal permitirá contar con información para avaliar o efecto da agriculturización e de impacto ambiental, sobre os bosques nativos da conca. Na poboación rural dispersa existen unha grande cantidade de vivendas precarias de baixa calidade de construción, mala disposición de espazos funcionais para cada actividade, pequenas localidades, pobos e paraxes de menor densidade de poboación e economicamente máis atrasadas con localidades de maior desenvolvemento. En infraestrutura obsérvase unha rede de camiños rurais en malas condicións, intransitables durante grandes períodos do ano, rede de electrificación rural que non atende a moitas zonas da conca; redes de distribución de auga en paraxes e pobos con obras inconclusas; deficiente prestación dos servizos de saúde á poboación rural por baixa cobertura territorial; escolas rurais en malas condicións edilicias e de equipamento; ausencia de espazos comunitarios e recreativos; deficiencia nos medios de transporte terrestre e os camiños non están preparados para soportar tránsito pesado. Foi posible elaborar unha metodoloxía para a xestión integrada e manexo sostible dos recursos hídricos e naturais da conca do “Arroyo Feliciano”, e demostrouse, en función dos resultados deste traballo, que o avance da agricultura extensiva se baseou na ocupación dos espazos naturais antes ocupados por bosques nativos, e que tivo impacto nestes.

SUMMARY

The area studied in this work comprises the catchment of the “Arroyo Feliciano”, which is the second largest catchment within the Entre Ríos Province with a surface of 8199 km². This region has an increasing demand for water resources due to the increasing agricultural use, and is also characterized by a sudden change in soil use from extensive cattle raising under native forest to rice and soybean intensive cropping. Most of the aquifers found in this area have a low physical-chemical aptitude and this is the cause of various disadvantages for the rural population and disturbances in its activities. It has been well established that an individual catchment either independently or in connection with other catchments is the most accepted territorial unit for integrating management of water resources and native forests. Policies for land uses within a catchment as a basis for water resources and forest focussed on various different subjects and showed unequal evolution in Latin-American and Caribbean countries. In spite of these obstacles, there is a generalized interest in building and develop catchment organisms to improve integrated management of water and forest resources. This subject has bring about increasing interest during recent years, because several countries in this region are trying to obtain targets related to integrated management of water resources, native forest and sustainable development. We developed a SIG, which should contribute to decision making on resource management and contingency by the involved authority. Planning of catchment water balance was achieved taking into account all the variables of hydrologic relevance within a SIG, which should allow establishing a platform for decision making on water and natural resources policy. Moreover, it was possible to characterize the physical aspect of the catchment and to describe climate, geomorphology, vegetation, soil, soil use, surface and subsurface water quality, etc. Catchment water resources were characterized on the basis of its physicochemical and bacteriological aptitude for irrigation, animal consumption and a human use. Because de soils of the catchment exhibits vertic properties,

they showed several main limitations for agricultural use. Soil losses by erosion were lower than a 0.5 Tm/ha/year at 92% of the catchment surface, which was explained by predominance of native forest as vegetal cover. For this catchment virtual water exportation was at about $1.94 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{year}$, which means 28.5% of the total virtual water of the Entre Ríos Province. Severe native forest clearing occurred too long in this catchment in such a way that mostly forest is substituted by agriculture. The present-day surface of the forest was actualized, both a digital no supervised and supervised classifications were made and the FAO classification proposal (document FRA 2000) was used after adaptation to local characteristics and particularities, in dealing with stratification of the soil cover. The total surface of native forest was 533.820,328 ha during 2003 and 519.695,983 ha during 2006. Our work allowed actualization of the forest survey, which will provide information to assess the effect of agriculturization and environmental impacts on the native forests of this catchment. The rural population is rather disperse and there are a number of poor and modest households, low quality of building, bad planning of the functional spaces for particular activities; also there is a big contrasts between small localities, villages and sites with a lower population density and with higher economical backward and sites of higher development. Regarding infrastructure, rural road are impassable during long periods over the year, the rural electrification network does not reach many areas within the catchment, the water distribution networks are not finished and operative in several sites and villages, the sanitary system has a low surface cover and provide bad services to the rural population, the rural schools are bad equipped and community spaces and recreation areas are absents, roads are not prepared for supporting heavy transit and transportation means are deficient. Starting from this reality, it was possible to elaborate a methodology for integrated and sustainable management of the water and natural resources of the Arroyo Feliciano and the results of our work showed that increasing intensive agriculture has been based in the occupation of natural surfaces before devoted to natural forests and that this occupation caused severe impacts.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
I.1 Definiciones de Sostenibilidad	1
I.2 Presentación del Problema en la gestión de los recursos hídricos y naturales	3
I.2.1 Visión mundial del agua	4
I.2.1.1. Inserción de la vision Latinoamericana en el contexto internacional	17
I.3 Descripción de los Recursos hídricos	20
I.3.1 Análisis de la Oferta y la Demanda de agua	20
I.3.2 Sostenibilidad de Recursos hídricos	21
I.3.3 La Cuenca Hidrográfica como unidad de planificación	23
I.4 Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas	25
I.4.1 Modalidades de Gestión de Cuencas	27
I.4.2 Gestión integrada de Recursos hídricos	29
I.4.3 La planificación hídrica en la Rca. Argentina y en Entre Ríos	32
I.4.4 Proceso de Gestión Integrada Recursos Hídricos	35
I.5. Bosques nativos	36
I.5.1 Panorama internacional, nacional y provincial sobre los bosques nativos	37
I.5.1.1 Situación de los bosques en la República Argentina	48
I.5.1.2 Los bosques nativos en la en la Provincia de Entre Ríos	57
I.5.1.3 Problemática de los bosques en Entre Ríos	58
II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS DEL TRABAJO	64
II.1 Objetivo General	64
II.2 Objetivos Especificos	64
II.3 Hipótesis de trabajo	65
III. ESTUDIO DE LA CUENCA DEL ARROYO FELICIANO	66
III.1. Descripción general. Historia del Feliciano	66
III.2. Ubicación geografica de la Rca. Argentina, Prov. Entre Ríos y Cuenca del Arroyo. Feliciano	69
III.3. Aspectos Climáticos	71
III.3.1 El Clima	72
III.3.1.1 Vientos	74
III.3.1.2 Temperatura	74
III.3.1.3 Heladas	76
III.3.1.4 Humedad Relativa	77
III.3.1.5 Precipitaciones	77
III.4. Marco Geológico Regional	80
III.4.1 Marco Geológico de la Cuenca	85
III.4.1.1 Columna estratigráfica	87
III.4.1.1.1 Formación Solari	87
III.4.1.1.2 Formación Yeruá	88
III.4.1.1.3 Formación Pay Ubre	89

III.4.1.1.4 Formación Fray Bentos	89
III.4.1.1.5 Formación Paraná	90
III.4.1.1.6 Formación Salto Chico	91
III.4.1.1.7 Formación Ituzaingó	92
III.4.1.1.8 Formación Alvear	94
III.4.1.1.9 Formación Hernandarias	94
III.4.1.1.10 Formación Arroyo Feliciano	96
III.4.1.1.11 Formación Tezanos Pintos	96
III.4.1.1.12 Formación La Picada	97
III.5 Geomorfología de la provincia de Entre Ríos	98
III.5.1 Geomorfología de la Cuenca	99
III.5.1.2 Unidades geomorfológicas mayores	100
III.5.1.3 Geomorfología en la sección superior	101
III.5.1.4 Geomorfología en la sección Media	102
III.5.1.5 Geomorfología de la sección Inferior	105
III.6. Suelos de la Cuenca	107
III.6.1. Orden Vertisol	108
III.6.2. Orden Alfisol	111
III.6.3. Orden Molisol	112
III.6.4. Orden Inceptisol	114
III.6.5. Orden Entisol	114
III.6.6. Caracterización de los Suelos por sus usos	115
III.7 Caracterización Hidrológica de la Cuenca	117
III.7.1 Parámetros morfométricos de la cuenca	119
III.7.1.1 Parámetros geométricos	119
III.7.1.2 Parámetros de relieve	124
III.7.1.3 Parámetros de la red hidrográfica	130
III.7.2 Aguas Superficiales	132
III.7.2.1 Red de avenamiento	136
III.7.2.2 Hidrología superficial	138
III.7.3 Aguas Subterráneas	141
III.8. Descripción de la fauna	143
III.9. Descripción de los bosques nativos en Entre Ríos	146
III.9.1. Caracterización de especies nativas en la Cuenca	153
III.9.2 Producción de madera	159
III.10. Aspectos Socio-Económicos	160
III.10.1. Población	161
III.10.1.1 Ocupación Laboral	167
III.10.1.2 Salud	171
III.10.1.2.1 Cobertura Social	171
III.10.1.2.2 Necesidades Básicas Insatisfechas	173
III.10.1.3 Educación	175
III.10.1.3.1 Tasa de Analfabetismo	176
III.10.1.4 Actividad Económica	178
III.10.1.4.1 Canales de comercialización e Industrialización	179
III.10.1.5 Estructura fundiaria del área de la Cuenca	183
	188

III.11. Aspectos Legales e Institucionales	188
III.11.1 Normativas de Agua, Suelo y Ambiental	189
III.11.1.1 Aspecto Institucional	
III.11.1.2 Instituciones de orden Nacional	189
III.11.1.3 Instituciones de orden Regional y Provincial	190
III.11.1.4 Instituciones No gubernamentales y privadas	191
IV MATERIALES Y MÉTODOS	193
IV.1 Recopilación de antecedentes de la Cuenca	193
IV.1.1. Cartografía	193
IV.1.2. Recopilación cartográfica, imágenes satelitales	193
IV.1.2.1 Procedimiento para la corrección geométrica	196
IV.1.3 Relevamiento a campo	196
IV.1.4. Elaboración de los mapas base	197
IV.2 Sistema de Información Geográfica	198
IV.2.1. Definiciones de Sistema de Información Geográfica	198
IV.2.2. Los Sistemas de Información Geográfica en el manejo de cuencas	199
IV.2.3. Estructura de un Sistema de Información Geográfica	201
IV.2.4. Implementación del Sistema de Información Geográfica de la Cuenca del Arroyo Feliciano	204
IV.2.4.1 Definición de escalas de trabajo	204
IV.2.4.2 Fuentes de Información empleadas	205
IV.2.4.3 Cartografía digital temática recopilada	205
IV.2.4.4 Cartografía digital temática digitalizada	206
IV.2.4.5 Levantamiento de Información primaria con GPS	206
IV.2.4.6 Organización de la Información Geográfica	206
IV.3 Balance Hídrico de la Cuenca	210
IV.3.1. Método Directo del Balance Hídrico	212
IV.3.2. Balance Hídrico Seriado	216
IV.4 Caracterización Hidroclimática	217
IV.4.1. Clasificación Climática de Köppen	218
IV.4.2. Índices Climáticos	220
IV.5 Caracterización de los Recursos Hídricos	222
IV.5.1. Recursos Hídricos Superficiales	222
IV.5.1.1 Información hidrométrica disponible	222
IV.5.1.1.1 Regimen Hídrico superficial, Estadística Descriptiva de caudales	223
IV.5.1.2 Aplicación del Modelo ARHIUNER	224
IV.5.1.3 Muestreo de aguas superficiales	228
IV.5.2 Muestreo de aguas subterráneas	229
IV.5.3. Análisis en Laboratorio	230
IV.5.3.1 Análisis Físico-Químico	230
IV.5.3.2 Análisis Bacteriológico	232
IV.5.4. Usos de los Recursos Hídricos	235
IV.5.4.1 Normas de Aptitud del Agua para Riego	235
IV.5.4.2 Normas de Aptitud del Agua para abrevado animal	244
IV.5.4.3 Normas de Aptitud del Agua para Consumo Humano	253

IV. 5.4.4 Análisis Estadístico	258
IV.5.5. Vulnerabilidad de los acuíferos – Método GOD	259
IV.5.5.1 Vulnerabilidad de los acuíferos – Método DRASTIC	260
IV.6. Caracterización del Recurso Suelo	263
IV.6.1. Usos del Recurso Suelo	265
IV.6.2. Cuantificación de la erosión de suelos	267
IV.7 Técnicas para la detección de cambios en los bosques nativos	268
IV.7.1 Análisis multitemporal de imágenes satelitales	269
IV.7.1.1 Algebra de imágenes	279
IV.7.1.2 Criterios utilizados para la clasificación de bosques	282
IV.7.1.3 Clasificación de los bosques	283
IV.7.2 Relevamiento a Campo	286
IV.7.2.1 Utilización de los Símbolos Fitosociológicos	287
IV.7.2.2 Descripción de los bosques relevados	288
IV.8 Estudio Socioeconómico	289
IV.8.1 Cálculo del valor de la producción agropecuaria zonal	289
IV.9 Estudio del Régimen Legal vigente	291
IV.9.1 Ley de bosques de la Provincia de Entre Ríos	291
IV.9.2 Ley de Suelos de la Provincia de Entre Ríos	293
IV.9.3 Ley de Áreas Naturales Protegidas	294
IV.10.4 Ley de Agua de la Provincia de Entre Ríos	295
IV.10 Modelos de Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas	297
IV.10.1 Adecuación de Modelos de Gestión existentes	297
IV.10.2 La Gestión y los Principios rectores de Política hídrica	300
IV.10.3 Agua Virtual como indicador de Gestión	311
IV.10.3.1 Cálculo del Agua Virtual	308
IV.10.3.2 Consideraciones en la aplicación del concepto de Agua Virtual	310
IV.10.3.3 Agua Virtual como indicador de gestión	311
V RESULTADOS Y DISCUSIÓN	316
V.1 Sistema de información geográfica	316
V.2 Evaluación de los Recursos Hídricos	336
V.2.1 Caracterización hidroclimática	336
V.2.1.1 Clasificación Climática	340
V.2.1.2 Índice de Lang	340
V.2.1.3 Índice de Martone	340
V.2.1.4 Índice de Dantin Cereceda y Revenga	340
V.2.1.5 Índice UNESCO-FAO	340
V.2.2 Análisis de precipitaciones promedio	341
V.2.3 Caracterización de Precipitaciones máximas	343
V.2.4 Hidrología superficial de la Cuenca del Arroyo Feliciano	354
V.2.4.1 Régimen hidrológico -Curva de descarga del Arroyo Feliciano	356
V.2.4.2 Índices Estadísticos de los caudales Diarios, Medios Mensuales, Anuales	358
V.2.4.2.1 Curva de duración y frecuencia de caudales	359
V.2.4.2.2 Disponibilidades hídricas superficiales	362
V.2.4.3 Balance hídrico a nivel de cuenca	364

V.2.4.4 Aplicación del Modelo ARHIUNER	368
V.2.4.5 Clasificación de las aguas	375
V.2.4.5.1 Aguas Superficiales	375
V.2.4.5.2 Aguas Subterráneas	377
V.2.4.5.3 Recolección de las muestras	378
V.2.5 Análisis de laboratorio	378
V.2.5.1 Análisis Físico-químico	378
V.2.5.2 Análisis Bacteriológico	379
V.2.5.2.1 Determinación de Coliformes Totales	380
V.2.5.2.1.1 Determinación de <i>Escherichia coli</i>	381
V.2.6 Caracterización del uso del agua y de los usuarios	383
V.2.6.1 Aptitud de Aguas Superficiales	384
V.2.6.1.1 Aptitud para riego del agua superficial	384
V.2.6.1.2 Aptitud del agua superficial para consumo animal	390
V.2.6.2 Aptitud de Aguas Subterráneas	395
V.2.6.2.1 Aptitud para riego del agua subterránea	395
V.2.6.2.2 Aptitud del agua subterránea para consumo animal	400
V.2.6.3 Aptitud del agua subterránea para consumo humano	405
V.2.7 Vulnerabilidad de los acuíferos	409
V.2.7.1 Aplicación del Método Drastic	412
V.2.7.2 Aplicación del Método GOD	417
V.3 Cambio en el uso y pérdida de suelo a nivel de cuenca	419
V.4 Los bosques nativos de la cuenca del Arroyo Feliciano	420
V.4.1 Criterios utilizados para la clasificación de bosques	421
V.4.2 Campañas de medición	421
V.4.3 Clasificación de los Bosques Nativos	422
V.4.4 Utilización de Símbolos Fitosociológicos	425
V.4.5 Identificación de especies arbóreas y herbáceas en los bosques de la cuenca	426
V.4.6 Superficie de bosques	427
V.4.7 Evolución Temporal - Mapas temáticos 2003-2006	432
V.4.7.1 Cambio en la superficie ocupada por bosques	436
V.5 Valor de la Producción Primaria	442
V.6 Aplicación de normativas en la cuenca	443
V.7 Selección del modelo de gestión de los recursos hídricos	445
V.7.1 Un modelo de gestión para la cuenca del Arroyo Feliciano	445
V.7.2 Planificación del recurso de la cuenca del Feliciano	446
V.7.3 Fijación de criterios y acciones a seguir (mediano y largo plazo)	447
V.7.4 Agua virtual	448
V.8 Selección del modelo de gestión de los bosques nativos	452
V.9 Propuesta de un Plan Director	455
V.9.1 Análisis de escenarios posibles	457
V.9.2 Propuesta de modelo de Gestión	459
V.9.3 Consideración Final	460
VI CONCLUSIONES	462
VII BIBLIOGRAFIA	466
VIII ANEXOS: En Disco compacto adjunto	

I. INTRODUCCIÓN

En este Capítulo de “Introducción” se define el marco general de la presente tesis sobre “Gestión integrada de los recursos hídricos y naturales en la Cuenca del Arroyo Feliciano”, se presentan los conceptos principales de uso sostenible de los recursos hídricos y de los bosques nativos, gestión integrada de cuencas y posibles acciones a desarrollar en el ámbito de la cuenca para disminuir el avance del deterioro ambiental.

Este trabajo busca identificar los nuevos desafíos que se presentan a la administración de las aguas y bosques nativos en la Cuenca del Arroyo Feliciano, República Argentina, relacionados con la gestión integrada de sus recursos hídricos y naturales y las características de las soluciones que se visualizan como más adecuadas, considerando el sistema social, legal, económico e institucional vigente en la provincia de Entre Ríos.

I.1 Definiciones de Sostenibilidad

El Desarrollo Sostenible o Sustentable ha sido definido como "desarrollo que entrega servicios ambientales, sociales y económicos a toda una comunidad, sin afectar la viabilidad de los sistemas naturales, construidos y sociales de los cuales depende la provisión de esos servicios" (Agenda 21, 1992). Es decir, promueve cambios en los modos de producción y consumo para asegurar que toda la gente -la que vive ahora y la que vivirá en el futuro- tenga posibilidades de desarrollo social y económico respetando los límites naturales de los cuáles éstos dependen.

La Agenda 21 es el plan de acción para el desarrollo sustentable en el siglo XXI. Fue adoptada por los líderes del Mundo durante la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo -la Cumbre de la Tierra- en Río de Janeiro en 1992.

En el Informe de la Comisión Brundtland (1987) se dice que Desarrollo Sustentable es aquel desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin perjudicar las opciones de futuras generaciones de satisfacer las

suyas. El informe de la Comisión conmina a que los Gobiernos de turno actúen de manera responsable, sumando iniciativas que apoyen un desarrollo armonioso y que sea sostenible económica y ecológicamente a lo largo del tiempo.

El ambiente es un sistema conformado a su vez por otros subsistemas, los cuales están enlazados de manera tal que cualquier acción que se ejerza en forma natural o artificial en un subsistema necesariamente afectará a otros y viceversa (Gutiérrez Palacios, 1994).

Toda alteración sobre el medio natural, en pequeña o gran medida, produce un impacto. El impacto ambiental se define como toda alteración en el ambiente que afecta positiva o negativamente la calidad de la vida o que tenga efecto sobre las opciones de desarrollo económico-social.

La evaluación de impacto ambiental es un conjunto de procedimientos y métodos adaptados en forma general. Entre ellos el usuario selecciona aquellos que más conformen a las condiciones locales y al proyecto específico en consideración (Buchinger, 1994).

Los principios de sostenibilidad para el desarrollo económico de una región son entre otros, aquellos en los que la utilización de los recursos naturales y la producción de desechos no debe exceder la capacidad productiva y de los ecosistemas; la tasa de consumo de recursos renovables no debe exceder la tasa de renovación; la tasa de consumo de recursos no-renovables debe ser finalmente, no más alta que la tasa de crear el sustituto renovable. Es decir, el progreso tecnológico debe orientarse a producir con más eficiencia en vez de estimular más consumo (Mies et al., 1997).

La Cuenca del Arroyo Feliciano, se ha visto afectada por fuertes cambios del ciclo hidrológico y una gran variabilidad espacial y temporal de las precipitaciones, lo que ha generado graves problemas de inundación y sequías. Por otro lado, también esta cuenca ha presentado fenómenos de inundaciones con valores máximos cuarenta veces superiores al promedio, generando daños a la infraestructura caminera y en particular a los puentes de toda la zona.

Este trabajo se enmarca en el Proyecto “Gestión integrada de los recursos hídricos de la Cuenca del Arroyo Feliciano” (PCTO 30778), desarrollado por el equipo de investigación de la Cátedra de Riego y Drenaje de la Facultad de Ciencias Agropecuarias. de la Universidad Nacional de Entre Ríos.

I.2 Presentación del Problema en la gestión de los recursos hídricos y naturales

La Provincia de Entre Ríos se ve afectada por la intensificación del uso de los recursos naturales, sin que exista una ordenada gestión de los mismos; en particular, en la Cuenca del Arroyo Feliciano, una de las de mayor reconversión de su actividad, pasando de una ganadería extensiva a una vertiginosa expansión de la agricultura, con la introducción del arroz regado con agua superficial y de la soja como los principales cultivos.

En la Cuenca se concentra la mayor superficie de bosques nativos, los cuales están sometidos a la deforestación, para realizar monocultivos. Esta práctica es extremadamente perjudicial desde los puntos de vista fitosanitarios, sociales y otros servicios, puesto que producen daños considerables debido a la erosión del suelo, a la pérdida de fertilidad del mismo y la contaminación con agroquímicos, entre otros. (Romero, 2010).

Se intenta en la actualidad a través de las instituciones gubernamentales y de investigación, estudiar los Bosques Nativos y los Recursos Hídricos Superficiales y Subterráneos de la cuenca, elaborando un diagnóstico de su aptitud para diversos fines (riego, agua potable y ganadería); empleando la información recopilada y datos propios, con la tarea de sistematizarla en formato digital, utilizando bases de datos y elaboración de nuevas capas en un sistema de información geográfica (SIG).

En los últimos años vienen dándose sequías que no solo afectan la producción agropecuaria sino además a la disponibilidad de agua para los habitantes de la Cuenca, como la que está ocurriendo en la actualidad.

Entre Ríos es la provincia de mayor índice per-cápita de agua de nuestro país y se ve afectada por la intensificación en el uso de este recurso, sin que exista un adecuado ordenamiento y gestión del mismo.

La crisis del agua dulce es no sólo una crisis de disponibilidad sino, básicamente, una crisis de gestión. La gestión o administración consiste esencialmente en realizar un conjunto de actividades para obtener un resultado y para atender su realización. La gestión del agua requiere, por lo tanto, la determinación de un propósito, la elaboración de una política y planes para realizarlo y la elección de los instrumentos idóneos para ejecutarlos. Se necesita claridad en los fines, unidad en las políticas, conocimiento en los planes y coordinación en los medios. Elementos fáciles de enumerar e hipotéticos para llevar a la práctica en algo tan vasto como el agua y todas las facetas que la afectan y a las que afecta. La meta, enteramente ambiciosa, es consecuentemente la gestión integrada del agua. La dificultad de abordarla, a nivel general, es la verdadera crisis del agua. (del Castillo, 2007).

Según el Segundo Informe sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo, el grupo de instituciones que en conjunto constituyen la gobernabilidad del agua se reconocen como "la clave para tratar la crisis hídrica mundial y para afrontar la pobreza". El Informe destaca que "existe la necesidad de centrarse en la gobernabilidad", por lo cual la gobernabilidad del agua -que incluye la capacidad institucional, los marcos legales y la distribución de recursos- necesita ser mejorada.

De manera concordante, en las conclusiones del Cuarto Foro Mundial del Agua, marzo de 2006, se afirmó que "el agua es un tema político" debido a la cantidad de factores que abarca y que la convierten en un bien de importancia crítica.

I.2.1 Visión mundial del agua

Sigue siendo creciente la convicción de que el agua es cada vez más, un recurso escaso. Esto ha motivado a la comunidad internacional a efectuar varios foros en los que se debate este problema para encontrar soluciones globales.

Desde los años 70 se vienen organizando encuentros en los cuales se debate, directa o indirectamente, el problema mundial del agua para intentar encontrarle soluciones. Desde esa época hasta nuestros días, existe la convicción de que el agua es un recurso escaso, tanto en cantidad como en calidad; es por ello que se han venido organizado eventos desde esos años los cuales tienen por objetivo solucionar este problema.

Existen distintos enfoques con respecto a la visión del agua. En el marco de la Visión Mundial del Agua es fundamental que no se pase por alto que la mayoría de la población tiene insuficiente acceso a ella y a otros recursos. Las organizaciones que respaldan esta Visión consideran el manejo de cuencas desde el punto de vista de las condiciones de vida de la población local, prestando especial atención a la posición de los grupos desfavorecidos y de las mujeres, en particular.

En este sentido la “condición de vida sostenible” hace referencia a “las capacidades, los bienes (materiales, sociales y culturales) y las actividades necesarias para la subsistencia. Una condición de vida es sostenible cuando es posible hacer frente y recuperarse de situaciones de tensión o choque, mantener o mejorar las capacidades y bienes sin deteriorar la base de recursos naturales.” El punto de partida del análisis es que los actuales problemas sociales, económicos y ecológicos que acompañan el manejo de la mayoría de las cuencas, sólo pueden ser resueltos si son entendidos como conflictos sobre el control y uso de los recursos naturales.

A nivel mundial existe un incremento en la demanda de agua, en todos los sectores, tanto sociales como económicos, provocado por el incremento de las ciudades, zonas industrializadas y zonas donde se realiza riego de los cultivos, entre otros.

Otro enfoque establece que la gestión y administración integral del agua, que implica la operación y mantenimiento de las obras construidas, gestión y conservación de los recursos naturales (Dourojeanni et al., 2002), está enfrentando serios problemas tanto de índole social como técnica, por lo que es

necesario encauzar el capital social y la acción colectiva para encontrar puntos de coincidencia y acuerdo entre los intereses de los distintos tipos de usuarios, tomando en consideración las condiciones ecológicas de la cuenca hidrográfica (Albuquerque, 2000; Dourojeanni y Jouravlev, 2001; Dourojeanni et al., 2002).

Diversos estudiosos han analizado situaciones globales, regionales y locales respecto a los peligros que entraña la contaminación, degradación y privatización del citado recurso (Elhance, 1999; Shiva, 2002; Rosegrant, 2002a,b).

Se considera que la mayoría de los conflictos por el uso del agua se dan en regiones en donde es escasa. Se ha documentado ampliamente que también se han presentado conflictos en zonas de relativa abundancia (Elhance, 1999; Shiva, 2002).

Otros autores documentan y alertan sobre problemas por su uso y aprovechamiento, y a la vez señalan que su relativa escasez ocasionará competencia entre sus diversos usos (Seckler, 1996, Seckler et al., 1998; Rubiños et al., 2004). Para solucionar esos problemas, en el ámbito de las ciencias sociales se viene proponiendo acciones en torno al capital social para incrementar la acción colectiva y mejorar así la gestión del agua (Meinzen-Dick y Di Gregorio, 2004).

Es necesario citar las declaraciones internacionales que en sus diversos aspectos se han vertido sobre la materia, desde la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Ambiente Humano celebrada en Estocolmo (Suecia) en el año 1972, hasta la Proclamación de la Asamblea de las Naciones Unidas, realizada en el 2005, conocida como “Decenio Internacional para la Acción-El agua, fuente de vida 2005-2015”.

La declaración de la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Humano celebrada en Estocolmo, sostuvo que “Hemos llegado a un momento en la historia en que debemos orientar nuestros actos en todo el mundo atendiendo con mayor cuidado a las consecuencias que puedan tener para el medio”.

En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua, llevada a cabo, en el año 1977, en la ciudad de Mar del Plata (República Argentina), se efectuó una evaluación sobre el uso de los recursos hídricos, que concluyó con un Plan de Acción que señaló... “relativamente poca importancia se le ha dado a la evaluación sistemática de los recursos hídricos. El tratamiento y la recopilación de datos también han sido seriamente olvidados”.

Ya en la Década Internacional del Agua Potable y del Saneamiento Ambiental 1981–1990, se dijo “A pesar del fracaso para lograr muchos de los objetivos establecidos, se aprendió mucho de la experiencia de la década del agua y el saneamiento; hubo una mayor conciencia de la importancia de dar enfoques globales y equilibrados a los problemas ligados al agua y al saneamiento específicos de cada país.

Lo más importante, quizás, fue darse cuenta de que, para conseguir este objetivo establecido a principios de la década, haría falta mucho más tiempo y dinero de lo que se pensó en un principio”.

En la Consultación Mundial sobre el Agua potable y el Saneamiento Ambiental para la década de los 90, llevada a cabo en la ciudad de Nueva Delhi (India), en el año 1990 se dijo “El agua potable y los medios adecuados de eliminación de desechos... deben ser el eje de la gestión integrada de los recursos hídricos”. Agua Potable segura, saneamiento ambiental. Declaración de Nueva Delhi. "Algo para todos en lugar de más para algunos".

Por su parte, la Cumbre Mundial en favor de la Infancia, celebrada en Nueva York (EEUU), 1990, emitió la Declaración Mundial sobre la Supervivencia, la Protección y el Desarrollo del Niño: “Fomentaremos la provisión de agua potable para todos los niños en todas las comunidades y la creación de redes de saneamiento en todo el mundo”.

Ya en comienzo de la Década Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales (1990-2000), se celebró la Conferencia Internacional sobre Agua y Medio Ambiente, en la ciudad de Dublín (Irlanda), año 1992, allí se emitió la Declaración de Dublín sobre el Agua y el Desarrollo Sostenible, que

señaló los siguientes principios rectores: 1º.- El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente. 2º.- El aprovechamiento y la gestión del agua debe inspirarse en un planteamiento basado en la participación de los usuarios, los planificadores y los responsables de las decisiones a todos los niveles. 3º.- La mujer desempeña un papel fundamental en el abastecimiento, la gestión y la protección del agua. 4º.- El agua tiene un valor económico en todos sus diversos usos en competencia a los que se destina y debería reconocérsele como un bien económico.

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Cumbre de la Tierra), celebrada en la ciudad de Río de Janeiro (Brasil, Año 1992), trató temas relativos a la cooperación, agua y economía, participación, agua potable y saneamiento, asentamientos humanos, desarrollo sostenible, producción alimentaria, cambio climático. Emitió la conocida declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, que en su Programa 21 fijó como prioridad “establecer una alianza mundial nueva y equitativa mediante la creación de nuevos niveles de cooperación entre los Estados, los sectores claves de las sociedades y las personas”.

“Una ordenación global del agua dulce y la integración de planes y programas hídricos sectoriales dentro del marco de la política económica y social nacional son medidas que revisten la máxima importancia entre las que se adopten en el decenio de 1990 y con posterioridad”.

En el año 1994, en la Conferencia Ministerial sobre Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento Ambiental, llevada a cabo en Noordwijk (Holanda) se señaló la necesidad de “asignar una mayor prioridad a los programas destinados a proveer los sistemas básicos de saneamiento y de evacuación de excrementos en las zonas urbanas y rurales”.

La Conferencia Internacional de las Naciones Unidas sobre Población y Desarrollo, llevada a cabo en la capital de Egipto, El Cairo, en 1994, se encargó de fijar objetivos primordiales que tuvieran como ejes “conseguir que los factores demográficos, ambientales y de erradicación de la pobreza se integren en las

políticas, planes y programas de desarrollo sostenible, entre ellos los relacionados a la preservación del recurso hídrico”.

En la Declaración de Copenhague sobre desarrollo social de 1995, que atendió las temáticas relacionadas con la pobreza, el abastecimiento de agua y el saneamiento se expresó “orientaremos nuestros esfuerzos y nuestras políticas a la tarea de superar las causas fundamentales de la pobreza y atender a las necesidades básicas de todos. Estos esfuerzos deben incluir el suministro de agua potable y saneamiento”.

La Cuarta Conferencia Mundial de UN sobre Mujeres, en Beijing versó sobre Asuntos de Género, provisión de agua potable y saneamiento. Declaración de 1995.

La Conferencia de Naciones Unidas sobre Asentamientos Humanos (Hábitat II), Estambul trató sobre el desarrollo sostenible de los asentamientos humanos en un mundo en proceso de urbanización. La Agenda Hábitat, 1996.

La Cumbre Mundial de Alimentos, en Roma se centró en alimentos, salud, agua y saneamiento. Declaración de Roma sobre Seguridad Alimentaria Mundial, 1996.

Se crean el Consejo Mundial del Agua (WWC) y la Asociación Mundial del Agua (GWP), en 1996.

Ya en la Declaración y Plataforma de Acción de Beijing, que redactó la Cuarta Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre la Mujer, se abordó el género, abastecimiento de agua y saneamiento. Allí se señaló la importancia de “garantizar la disponibilidad y el acceso universal al agua apta para el consumo y el saneamiento e instalar sistemas eficaces de distribución pública lo antes posible”.

En la Segunda Conferencia de las Naciones Unidas sobre los Asentamientos Humanos (Hábitat II), de Estambul en 1996, se habló sobre el desarrollo de asentamientos humanos sostenibles en un planeta que se urbaniza. Allí se indicó que “se promoverá la creación de entornos salubres, en especial

mediante un abastecimiento adecuado de agua potable y la ordenación eficaz de los desechos”.

Por su parte, la Declaración de Roma sobre la Seguridad Alimentaria Mundial, llamó a “Combatir las amenazas ambientales a la seguridad alimentaria, sobre todo la sequía y la desertificación, restablecer y rehabilitar la base de recursos naturales, con inclusión del agua y las cuencas hidrográficas, en las zonas empobrecidas y excesivamente explotadas a fin de conseguir una mayor producción”.

El Primer Foro Mundial del Agua, llevado a cabo en Marrakech, en el año 1997, trató temas vinculados al agua y saneamiento, gestión de aguas compartidas, conservación de los ecosistemas, igualdad de sexos y utilización eficaz del agua. “Reconocer las necesidades básicas de tener acceso al agua potable y al saneamiento, establecer un mecanismo eficaz para la gestión de aguas compartidas, apoyar y conservar los ecosistemas, promover el uso eficaz del agua”, fueron algunas de las conclusiones que se transcribieron en la declaración emitida.

El I Foro Mundial del Agua: se realizó en Marrakech, Marruecos, 1997, con el mandato del CMA de desarrollar una visión a largo plazo sobre el agua, la vida y el medio ambiente para el siglo XXI. El Primer Foro también advirtió en contra de que se trate el agua como un bien comerciable, y dio prioridad a los siguientes ejes temáticos: agua y saneamiento, administración compartida del agua, conservación de los ecosistemas, igualdad de géneros y utilización eficiente del agua.

La Conferencia Internacional sobre Agua y Desarrollo Sostenible se celebró en París. Declaración de París, 1998.

La Cumbre de las Américas sobre Desarrollo Sostenible se realizó en Santa Cruz de la Sierra, 1998.

El segundo Foro Mundial sobre el Agua, que tuvo su lugar de encuentro en La Haya, en marzo del 2000, y se abordaron temáticas relacionadas al agua

para consumo humano, agua para la alimentación, agua y naturaleza, agua en los ríos, soberanía y educación sobre el agua de cuencas compartidas pretendiendo “involucrar a todos los grupos de interés en una gestión integrada.

Incrementar la inversión pública en investigación e innovación; incrementar la cooperación en cuencas fluviales internacionales o incrementar masivamente las inversiones en agua”, fueron algunas de las conclusiones emitidas, haciendo del agua un asunto de todos. En esta ocasión, la Declaración Ministerial identificó como los principales retos del futuro: la satisfacción de las necesidades básicas de agua, la garantía del abastecimiento de alimentos, la protección de los ecosistemas, el hecho de compartir los recursos hídricos, la gestión del riesgo, y la valoración y el gobierno prudente del agua.

En la Cumbre Del Milenio De Las Naciones Unidas, realizada en septiembre del 2000, los líderes del mundo adoptaron la Declaración del Milenio, que inspiró ocho Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) y 18 metas; entre ellas, la meta de reducir a la mitad la proporción de gente sin acceso al agua potable para el año 2015.

La Conferencia Ministerial sobre la Seguridad Hídrica en el Siglo XXI, elaboró un documento contemplando importantes desafíos: satisfacer las necesidades básicas, asegurar el suministro de alimentos, proteger los ecosistemas, compartir los recursos hídricos, valorar el agua y administrar el agua de modo responsable. “Continuaremos en nuestra tarea de apoyar al sistema de las Naciones Unidas para evaluar periódicamente el estado de los recursos hídricos y los ecosistemas relacionados, para ayudar a los países, cuando ello resulte apropiado, a desarrollar sistemas de medición del progreso hacia la realización de los objetivos establecidos y para informar trianualmente de todo ello a través del Informe sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo como parte del seguimiento del Programa 21”, se señaló en la Declaración Ministerial.

La Conferencia Internacional sobre Agua Dulce, llevada a cabo en Bonn, Alemania, en diciembre de 2001, emitió una declaración ministerial que señaló

“Combatir la pobreza es el reto principal en los esfuerzos por lograr un desarrollo equitativo y sostenible, y el agua desempeña una función vital en relación con la salud humana, los medios de sustento, el crecimiento económico y el mantenimiento de los ecosistemas”. También recomendó un plan de acción, que ordenó adoptar medidas prioritarias bajo los siguientes tres epígrafes: 1- Buen gobierno. 2- Movilización de recursos financieros. 3- Fomento de capacidad e intercambio de conocimientos.

Ya en la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible, de Johannesburgo, celebrada en el 2002, se habló sobre la erradicación de la pobreza, salud, energía, financiación y gestión integrada de los recursos hídricos. Allí se elaboró un Plan de Acción que indicó: “acordamos reducir a la mitad, antes del año 2015, el porcentaje de personas que no tienen acceso a servicios básicos de saneamiento, para lo cual haría falta adoptar medidas en todos los niveles para:

- a) diseñar y establecer sistemas eficaces de saneamiento para los hogares;
- b) mejorar el saneamiento en las instituciones públicas, en particular las escuelas;
- c) promover buenas prácticas de higiene;
- d) promover la educación y divulgación centradas en los niños, como agentes de los cambios de comportamiento;
- e) promover tecnologías y prácticas de bajo costo aceptables desde un punto de vista social y cultural;
- f) diseñar mecanismos innovadores de financiación y colaboración;
- g) integrar el saneamiento en las estrategias de ordenación de los recursos hídricos.

En el Tercer Foro Mundial del Agua, celebrado en Kyoto, Osaka y Shiga, Japón, durante el año 2003, en coincidencia con el Año Internacional de Agua Dulce, se trataron temas referentes a la gobernabilidad, gestión integrada de los recursos hídricos, género, políticas a favor de los pobres, financiación, cooperación, fomento de la capacidad, uso eficaz del agua, prevención de la

contaminación del agua y reducción de desastres. “Allí se reconoció que la buena gobernabilidad, el fomento de la capacidad y el financiamiento son de suma importancia para el éxito en la materia”.

En la Cumbre del G-8, en su reunión anual, realizada en Evian, Francia, del 1 al 3 de junio de 2003, los líderes de los países del Grupo de los Ocho (G8) adoptaron un Plan de Acción sobre el Agua para ayudar a alcanzar los ODM y las metas de la CMDS de reducir a la mitad al número de personas sin acceso a agua limpia y servicios sanitarios en el año 2015. En este Plan de Acción, los líderes del G8 se comprometieron a: promover la buena gobernanza, utilizar todos los recursos financieros, construir infraestructura a través de la promoción del poder de las autoridades y comunidades locales, fortalecer la vigilancia, evaluación e investigación y reforzar el involucramiento de las organizaciones internacionales.

La Comisión de las NU Sobre El Desarrollo Sostenible (CDS), en su decimosegundo (abril de 2004) y decimotercer (2005) de período de sesiones - llevados a cabo en Nueva York- estuvo centrada en políticas y opciones para acelerar la implementación de los compromisos internacionales en el área del agua, los servicios sanitarios y los asentamientos humanos. La sección sobre el agua del documento que surgió como resultado de la CDS-13 pide, entre otras cuestiones, que se acelere el avance hacia el logro de las metas de acceso al agua para el año 2015 de los ODM y la CMDS a través del aumento de los recursos y la utilización de una amplia gama de instrumentos políticos como la regulación, las herramientas basadas en los mercados, la recuperación de costos, los subsidios dirigidos a los pobres y los incentivos económicos para los productores de pequeña escala; la mejora de la demanda de agua y la administración del recurso, especialmente en la agricultura y la aceleración de la provisión de asistencia técnica y financiera a los países que necesitan ayuda para alcanzar la meta de 2005 sobre GIRH.

2005-2015 fue declarada la Década Internacional Para La Acción “Agua Para La Vida”. Organizada por las NU, la Década Internacional se centra en la

implementación de programas y proyectos y en el fortalecimiento de la cooperación en asuntos del agua en todos los niveles. Entre sus prioridades se incluyen: el acceso a los servicios sanitarios, la prevención de desastres, la contaminación, los asuntos de aguas transfronterizas, agua, servicios sanitarios y género, desarrollo de capacidades, financiamiento, y GIRH. África, en tanto, es la región prioritaria para la acción. Se señaló que el decenio ha de tener como objetivo principal ocuparse más a fondo de las cuestiones relativas al agua y de la ejecución de programas y proyectos sobre aguas, con el fin de ayudar a alcanzar los objetivos relativos al agua acordados a nivel internacional y contenidos en el Programa 21, de los Objetivos de Desarrollo de la ONU para el Milenio y el Plan de Aplicación de Johannesburgo.

El IV Foro Mundial del Agua se reunió en Ciudad de México, México, del 16 al 22 de marzo de 2006. El Foro es el mayor evento internacional sobre el agua dulce y procura permitir la participación y el diálogo entre múltiples sectores interesados para influir en la toma, a nivel mundial, de decisiones políticas sobre el agua, en busca del desarrollo sostenible. El tema principal del Foro, “Acciones locales para un reto global”, fue abordado a través de cinco marcos temáticos, a saber: agua para el crecimiento y el desarrollo, implementación de la gestión integrada de recursos hídricos (GIRH), suministro de agua y servicios sanitarios para todos, gestión del agua para la alimentación y el medio ambiente y manejo del riesgo. También se desarrollaron más de 200 sesiones temáticas, en las que hubo unos 20.000 participantes, en representación de gobiernos, agencias de las NU, organizaciones intergubernamentales y no gubernamentales (ONGs), la academia, la industria, los grupos indígenas, los jóvenes y los medios.

El Foro concluyó con una Conferencia Ministerial, en la que cerca de 140 ministros y funcionarios de alto nivel se reunieron en sesiones abiertas y cerradas, que incluyeron diálogos y mesas redondas sobre varios aspectos de la gestión del agua. Finalmente se adoptó una declaración ministerial pidiendo la acción internacional sobre las cuestiones del agua y el saneamiento.

El V Foro Mundial del Agua se llevó a cabo en Estambul, Turquía, 16 de marzo de 2009. Tercer Informe sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo (WWDR-3). (Bustamante Zenteno, 2003).

Se puede decir que los primeros foros y congresos mundiales, al comienzo trataron fundamentalmente de solucionar el problema del acceso de las poblaciones al agua potable y saneamiento, luego se planteó un aspecto más ecologista que no solo se preocupaba por la provisión de un servicio sino también por la preservación y conservación de un elemento de la naturaleza, en base a lo que se denominó la Gestión Integral de los Recursos de Agua, cuyos principios básicos se sentaron en Dublín (1992) y se expresaron en planteamientos de políticas públicas en Río de Janeiro a través de la denominada Agenda 21 (Capítulo 18).

La Declaración de Dublín dio comienzo a una amplia producción de documentos y propuestas que, a diferencia de las planteadas en épocas anteriores, ponían más hincapié en las reformas de orden institucional que en las inversiones en proyectos concretos de aprovechamiento. Las propuestas de reforma fueron asumidas por muchos países y durante los noventa se dieron cambios importantes en las políticas hídricas de muchos de ellos; es así que a partir de allí se iniciaron procesos de definición de estas políticas en la mayoría de los países (Conagua, 2007).

La preocupación sobre el tema se acrecentó durante los últimos años y esto motivó que en año 1996 se organicen dos entidades mundiales en torno al tema del agua: el Consejo Mundial del Agua (WWC) y la Asociación Mundial del Agua (GWP). Estas dos instituciones se encargan de “fortalecer el movimiento mundial del agua para una mejor gestión de los recursos hídricos mundiales”, así como apoyar a los países en la gestión sostenible de sus recursos hídricos, respectivamente.

El WWC se encarga de la realización de Foros Mundiales sobre el Agua, como un espacio de discusión y propuesta y en 1997 se realizó el primero de ellos en Marruecos. En este evento se encomendó al WWC trabajar en la Visión

Global sobre el Agua y el Ambiente para el Siglo XXI, que fue finalmente presentado en el Segundo Foro Mundial realizado en La Haya, Holanda, en el año 2000. En base al documento presentado en La Haya se logró el planteamiento de acciones concretas por los países en el Foro Mundial del Agua realizado en el año 2003 en Kyoto, Japón.

Efectuando un análisis de los temas desarrollados en los mencionados eventos, se puede decir que se hace énfasis en el mejoramiento de la provisión de agua potable y saneamiento básico, que fue el tema principal desde los años 70' a los 90' (Década internacional del Agua Potable y el Saneamiento 1981 - 1990); y luego se observa una mayor preocupación por la gestión del agua y se hace énfasis en cuestiones ambientales y la preservación del agua como parte de los sistemas ecológicos, enfatizándose por lo tanto su uso sostenible, a partir de la Conferencia de Dublín y la Cumbre de la Tierra en 1992.

Durante los últimos años, si bien todavía se mantienen estas preocupaciones, en los debates, se han ido planteando los principios de lo que se considera debería ser una gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH). Tres temas se han convertido en centrales en estos planteamientos:

- El reconocimiento del valor económico del agua y todo lo que esto implica (“Full costs recovery”, mercados, carácter mercantil del recurso, transferibilidad, participación privada en la inversiones necesarias, entre otros.)

- El tema de participación social vinculado a la gobernabilidad y la gestión del agua a nivel de cuencas hidrográficas, que es un tema específico de esta tesis.

Por otro lado, no solo se puede ver un cambio en el enfoque sino también en la estrategia de intervención, puesto que se ha pasado de las propuestas de inversión en obras de infraestructura a la inversión en soluciones institucionales (cambios en políticas, legislación, planes y programas) con una fuerte base en la información, el desarrollo de capacidades y conocimientos.

Respecto a la problemática del agua, las reuniones internacionales más importantes han sido tomadas de la Fuente CEPAL, Recomendaciones de las

Reuniones internacionales sobre el Agua: de Mar del Plata a Paris, División de Medio Ambiente y Desarrollo, Octubre 1998. (Bustamante Zenteno, 2003).

La República Argentina es protagonista permanente de estos foros internacionales participando activamente en ellos, llevando propuestas y trayendo documentos que resultan del consenso entre naciones. Internamente le toca llevar a cabo estas políticas acordadas a nivel internacional. Las Metas del Milenio, a título de ejemplo, son uno de los ejes de la política para la Planificación del Recurso Hídrico de la nación, puesto que representan compromiso para la Rca. Argentina frente a sus pares.

1.2.1.1 Inserción de la vision Latinoamericana en el contexto internacional

Ruiz-Dana, et al. (2007) establecen que la explosión demográfica, con sus consiguientes exigencias, así como el desarrollo industrial, han provocado un incremento en el consumo del agua y una diversificación de sus usos. Esto ha hecho que la tarea de administrar el recurso se vuelva más compleja, no sólo por los conflictos que se dan entre los distintos usuarios y las eventuales externalidades ambientales que ciertas prácticas generan, sino por la creciente escasez del agua.

Para atender la problemática del agua en todas sus manifestaciones, organismos como World Wildlife Fund (WWF), FAO, CEPAL y el Banco Mundial recomiendan que se realice una gestión integrada de cuencas hidrográficas (GICH). Según la Asociación Mundial del Agua (AMA o, en inglés, Global Water Partnership), la GICH implica coordinar el manejo y el desarrollo del agua, la tierra y los demás recursos ubicados en la zona de la cuenca, de modo que se potencien sus beneficios económicos y sociales, junto a la conservación y restauración (donde se requiera) de los ecosistemas.

La aparición de organismos internacionales encargados de realizar acciones que mejoren la gestión del agua y la aceptación de la cuenca hidrográfica como una unidad de gestión han llevado a acordar la gestión

integrada de recursos hídricos como modelo de gestión adecuado (Agua Bolivia, 2000).

La actual problemática del agua ha alcanzado dimensiones globales. Abundan las gestiones fragmentadas e ineficientes. Esto se debe a una visión parcial que impide relacionar, simultáneamente, el agua con el bienestar económico, social y ambiental. El marco legal y administrativo atiende cada uno de estos aspectos por separado. En dicho contexto se suelen fomentar soluciones a medias y prácticas que generan problemas. Estudios recientes relacionan estos problemas con la falta de gobernabilidad.(Bruma, y Samad, 2004).

El cambio climático tendrá, sin ninguna duda, un impacto directo en el suministro de agua dulce en muchas regiones y la crisis se puede ver acentuada por el mismo.

El calentamiento global afectaría el patrón de precipitaciones y el nivel del agua en lagos, ríos, mares y otros cuerpos de agua. Las implicancias serían particularmente serias para la agricultura. “El riego -que representa cerca del 80% del uso global del agua- es más sensible al clima, y el patrón cambiante de cultivos regados, en respuesta a los cambios climáticos, es probable que conlleve efectos importantes en la distribución espacial y temporal de la demanda del agua, así como en la necesidad de un mayor almacenamiento de agua.” (Grey, y Sadoff, 2006).

En México, la instauración y coordinación de 25 Consejos de Cuenca, con sus organismos auxiliares, a lo largo de un extenso territorio ha sido todo un hito. Además, se introdujeron incentivos económicos para mejorar la gestión del agua.

En Colombia, a pesar de la violencia política, la acción interinstitucional dio lugar a una mejor gestión ambiental y participativa en la cuenca de La Miel. En el Valle del Cauca (Cali), la gestión se abordó desde un punto de vista tecnócrata antes que político y goza de una acción proactiva por parte del gobierno central y local.

En Canadá, Québec cuenta con uno de los sistemas de gestión ambiental más modernos. La cuenca hidrográfica es el soporte principal de esa gestión. (Betancourth, 2005).

El agua es un recurso natural clave para el desarrollo de la vida en el planeta, además de ser un elemento determinante en el progreso de la sociedad en su conjunto. Según las Naciones Unidas, para el año 2050 la crisis del agua afectará a tres cuartas partes de la población mundial, siendo insuficiente para la producción de alimentos y el sustento de los ecosistemas del planeta, ya que se deberá incrementar en un 60% la producción de alimentos en la Tierra para el año 2030 (FAO, 2003), afectando a todos los sectores sociales y económicos y colocando en peligro la sostenibilidad de los recursos naturales (FAO, 2007).

En el planeta Tierra existe suficiente agua dulce para satisfacer las necesidades de la población mundial; sin embargo, los recursos hídricos no están equitativamente distribuidos y a menudo son gestionados de manera inadecuada. En algunas zonas, la disponibilidad de agua dulce de buena calidad se ha reducido significativamente debido a la contaminación producida por los desechos generados por las actividades humanas como la industria y la agricultura. Desde 1900, la mitad de los humedales del mundo, es decir, nuestra principal fuente de agua dulce renovable, se han perdido.

Para el año 2025 alrededor de 1.800 millones de personas vivirán en países o regiones con una dramática escasez de agua y según datos referenciales el limitado acceso al agua potable de la población mundial en la actualidad llega a 1.100 millones, y carecen de infraestructura de saneamiento dos de cada cinco personas en el planeta. La actividad que consume alrededor del 70% del agua dulce es la agricultura, (20% industria y 10% agua para consumo doméstico), que hoy en día produce cerca del 40% de los alimentos del mundo. (UNESCO-FAO 2009).

En este sentido el agua para América Latina se ha convertido en un factor clave en términos de desarrollo humano y competitividad económica, lo que ha duplicado su consumo en los últimos 50 años, tendencia que se mantiene según

las proyecciones realizadas a corto, mediano y largo plazo, aumentando la presión sobre el recurso hídrico. El aprovechamiento sustentable del agua trasciende a los aspectos de orden técnico, y constituye un desafío político, social, económico y cultural que compromete a la sociedad en su conjunto a definir y aplicar estrategias adecuadas de gestión que permitan satisfacer las demandas crecientes frente a la evidencia de un recurso limitado y a la necesidad de lograr un mayor desarrollo tecnológico para afrontar los problemas, así como de la toma de conciencia de la población sobre el valor económico, social y ambiental del agua.

I.3 Descripción de los Recursos hídricos

I.3.1 Análisis de la Oferta y la Demanda de agua

La evaluación de la cantidad de agua en el planeta es complicada debido a que es un recurso dinámico en el tiempo y el espacio. Aproximadamente 97.5% del total del agua es salina y 2.5% es dulce. Sin embargo, sólo 0.26% del agua dulce (y 0.01% del total del planeta) se encuentra en lagos, ríos y otros almacenamientos; y está disponible para satisfacer los requerimientos de los ecosistemas y los seres humanos (Shiklomanov, 2002).

El agua dulce es un recurso natural por excelencia y un elemento que requiere del uso responsable para continuar sustentando la vida. El agua es múltiple en su estado natural y también puede ser utilizada en múltiples aspectos; por ello es simple en su composición, vulnerable en su calidad y compleja en su administración. La disponibilidad de agua es un factor determinante para el desarrollo social y económico, y el acceso al agua potable y al saneamiento son necesidades básicas esenciales para la salud.

La calidad del agua está estrechamente vinculada a la protección del elemento natural y a los aspectos ambientales de la gestión, mientras que la disponibilidad de agua en cantidad suficiente es un tema que se vincula especialmente a los fenómenos climáticos (precipitaciones, sequías, deshielos y otros factores), y a la regulación artificial de los caudales (represas, desvíos de cauces, entre otros). La calidad del agua guarda directa relación con los usos y

tiene un determinante factor antrópico, sin que ello implique ignorar las causas naturales que también inciden en la calidad del agua y que determinan sus características físicas, químicas y biológicas.

La adopción del criterio de gestión integrada del agua indica, sin embargo, que calidad y cantidad son dos aspectos que deben considerarse en forma integrada (del Castillo. 2007).

La contaminación que altera la calidad del agua ocasiona la degradación progresiva del recurso y su evaluación no es útil si sólo se limita a determinar la condición actual del cuerpo de agua, sino que debe especificar además las medidas a adoptar para revertir la situación, un proceso que tiene causas y efectos económicos que requieren la decisión política de adoptar medidas de regulación y control (del Castillo. 2007).

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA/UNEP) lleva a cabo desde 1978 un programa sobre calidad del agua a nivel mundial: el Sistema Global de Monitoreo Ambiental (UNEP GEMS/Water Programme), que ha reunido el mayor banco de datos sobre calidad del agua que existe a nivel general.

El programa tiene dos objetivos: por una parte, mejorar la capacidad en los países participantes para hacer el seguimiento y evaluar la calidad del agua en su territorio y, por otra, determinar la situación y las tendencias de la calidad del agua a nivel regional y global (del Castillo, 2007).

I.3.2 Sostenibilidad de Recursos hídricos

El agua ha pasado a constituir una “cuestión social” que requiere una gestión que aborde aspectos ecológicos, socio-económicos y culturales. Esa múltiple concepción de su función conduce al concepto de desarrollo sostenible, es decir, el aprovechamiento del recurso hídrico de tal forma que permita hoy favorecer el desarrollo de actividades productivas y el aumento del bienestar humano a través de su consumo, pero sin poner en riesgo el desarrollo y bienestar futuros debido a un consumo desmedido o a la degradación/contaminación del

recurso agua así como de los ecosistemas y de otros recursos naturales (Ecodes, 2009)

Los Principios rectores de la Declaración de Dublín, son muy claros con respecto a la sostenibilidad:

Principio No. 1. El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente. Dado que el agua es indispensable para la vida y los medios de vida, la gestión eficaz de los recursos hídricos requiere un enfoque holístico que concilie el desarrollo económico y social y la protección de los ecosistemas naturales. La gestión eficaz establece una relación entre el uso del suelo y el agua a lo largo de una cuenca hidrológica o un acuífero.

Principio No. 2. El desarrollo y la gestión del agua debe basarse en un enfoque participativo, involucrando a los usuarios, los planificadores y los responsables de las decisiones a todos los niveles. El enfoque participativo implica que los responsables de las políticas y el público en general adquieran mayor conciencia de la importancia del agua. Significa que las decisiones se adopten en el nivel más bajo apropiado, con la plena realización de consultas públicas y la participación de los usuarios en la planificación e implementación de los proyectos de agua.

Principio No. 3. La mujer desempeña un papel fundamental en el abastecimiento, la gestión y la protección del agua. Este papel primordial de la mujer como proveedora y consumidora de agua y defensora del medio ambiente viviente rara vez se ha reflejado en disposiciones institucionales para el desarrollo y la gestión de los recursos hídricos. La aceptación e implementación de este principio requiere políticas positivas que aborden las necesidades específicas de la mujer y que la preparen y empoderen para que participe en todos los niveles de los programas de recursos hídricos, incluyendo la toma de decisiones y la implementación, en las formas que ellas determinen.

Principio No. 4 El agua tiene un valor económico en todos sus diversos usos en competencia y debería reconocérsele como un bien económico. En virtud

de este principio, es esencial reconocer ante todo el derecho fundamental de todo ser humano a tener acceso al agua pura y al saneamiento por un precio asequible. En el pasado, la ignorancia del valor económico del agua condujo al desperdicio y a la utilización de este recurso con efectos perjudiciales para el medio ambiente. La gestión del agua, en su condición de bien económico, es un medio importante para lograr el uso eficaz y equitativo del agua, y para alentar la conservación y protección de los recursos hídricos.

I.3.3 La Cuenca Hidrográfica como unidad de planificación

Se entiende por cuenca hidrográfica o cuenca de drenaje el territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que drena sus aguas al mar a través de un único río, o que vierte sus aguas a un único lago endorreico.

Una cuenca hidrográfica es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada divisoria de aguas. El uso de los recursos naturales se regula administrativamente separando el territorio por cuencas hidrográficas. Figura I.1.

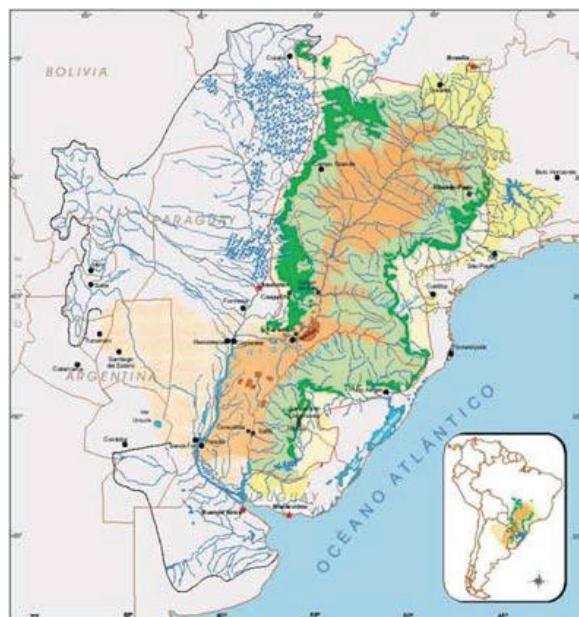


Figura I.1. Cuenca del Plata, República Argentina.

(Fuente. Café de las Ciudades. Año 5 N°47 Septiembre de 2006).

La cuenca hidrográfica, como unidad de gestión del recurso, se considera indivisible. Es vista como un espacio idóneo para empezar una nueva forma de gestión ambiental en los territorios. Permite formar una idea de las relaciones entre la población y el uso de los recursos dentro de un territorio, además de dar lugar al despliegue de una institucionalidad nueva y descentralizada con objetivos de sostenibilidad de un cierto territorio.

Si bien, los planes de manejo de cuencas se consideran instrumentos para lograr la gestión del territorio, aún no logran desprenderse de la visión de la cuenca como un espacio biofísico. La definición de la cuenca, en estos diagnósticos, parte de un entorno físico al cual le corresponden ciertas características biofísicas y socioeconómicas. No hay un abordaje que dé cuenta de cómo la dinámica social y política del territorio se relaciona con la degradación ambiental.

Los planes de cuenca realizan diagnósticos biofísicos y sociales del territorio, donde se analizan sus diversos componentes, ambientales, sociodemográficos y productivos en forma separada, definiendo al final una caracterización de las diversas problemáticas de la cuenca, que no llega a demostrar si realmente existe una dinámica de relaciones entre estos diversos componentes que manifieste el funcionamiento de la cuenca como un sistema integrado.

Se excluye del análisis las diversas relaciones e impactos que la cuenca recibe del entorno exterior a ella y no queda suficientemente claro cuál es el rol que juega la cuenca en relación a los otros territorios. Los actores sociales no son vistos como sujetos dinámicos, que construyen relaciones dentro y fuera de la cuenca y que a partir de su forma de uso y acceso a los recursos van definiendo sus vinculaciones con determinado territorio.

Este enfoque limita la posibilidad de construir nuevas figuras institucionales para la gestión que tomen en cuenta procesos y dinámicas territoriales. Las figuras de gestión propuestas se inclinan por la Autoridad de Cuenca como la institución que tendría a su cargo la instrumentación de los

planes de manejo de cuencas. Sin embargo, no existe un análisis previo de las estructuras de organización existentes en la cuenca, sus formas de relación, vinculaciones, fortalezas y vacíos (Gómez et al., 2002).

Una cuenca hidrográfica entrega diversos “bienes y servicios” a diferentes “usuarios”. Entre los bienes el más evidente es el agua, que permite, por ejemplo, el riego, el consumo humano, la generación hidroeléctrica, la pesca, la navegación y la conservación de la flora y la fauna. Entre los servicios están aquellos de regulación (que permiten, por ejemplo, gozar de un agua limpia gracias a la protección de la cobertura vegetal de las partes altas de la cuenca); los socio-culturales (todos los beneficios no materiales provistos por la cuenca; por ejemplo: recreación y turismo, servicios espirituales y culturales); y los de soporte, que permiten todos los anteriores (por ejemplo: la formación del suelo, el ciclo de los nutrientes y la producción primaria).

A la par, con la diversidad de bienes y servicios que provee una cuenca, existen múltiples usuarios (o beneficiarios) de estos bienes y servicios. Las empresas de servicios sanitarios, las empresas generadoras hidroeléctricas, los regantes, la protección de la naturaleza, las empresas de transporte fluvial (si las hay), los empresarios turísticos, las empresas que captan y descargan agua en los ríos, entre otros, son todos ejemplos de usuarios de los ríos. Un aspecto que no debe olvidarse es que los usuarios de los ríos son, en definitiva, usuarios de la cuenca.

I.4 Gestion Integrada de Cuencas Hidrográficas

Existen numerosas definiciones de GICH; en general, las definiciones apuntan a la satisfacción armónica de los diversos usos y a la existencia de mecanismos para prevenir y resolver eventuales conflictos. Un especial cuidado que debe guardar la GICH, es velar no solo por la satisfacción de los usos actuales, sino también cuidar de no perjudicar la capacidad de la cuenca de seguir entregando bienes y servicios en el futuro. Esto último hace referencia a la sustentabilidad de la gestión.

Fred Pearce, autor de *When the Rivers Run Dry* (2006), calcula que con un cuarto del agua que actualmente se emplea para el riego a nivel mundial bastaría para satisfacer este uso.

La escasez no es el único impacto potencialmente desastroso asociado al agua. Pueden surgir otros eventos imprevisibles, como derrames, inundaciones y otros fenómenos climáticos. Aunque la seguridad del agua no se puede garantizar al cien por ciento, la GICH permite minimizar las amenazas a un nivel aceptable, de otra manera, el riesgo asociado a estos eventos afecta negativamente el crecimiento económico al desalentar la inversión. (Grey y Sadoff, 2006). Ya se mencionó que se estima que, para 2025, la mitad de la población mundial vivirá en zonas donde el agua será escasa. *Vision Mundial del agua*. World Water Council, 2011.

Este escenario presenta dos oportunidades. La primera se trata de una oportunidad para ser estratégicos y prevenir la escasez, tomando en cuenta que uno de sus principales causantes es la mala gestión de la cuenca y el recurso. De este modo, al ejercer una GICH hoy se reduce la posibilidad de experimentar esa escasez y sus costos asociados mañana.

La segunda oportunidad, relacionada con la primera, es asegurar la participación de la República Argentina en el mercado mundial de agua, que entonces gozará de una fuerte demanda.

En la actualidad se transan mil kilómetros cúbicos al año en el mercado global de agua virtual, el equivalente a 20 ríos Nilo. La industria del agua es la tercera más grande y está valorada en \$300 mil millones de dólares anuales.

El concepto de manejo de cuencas se ha desarrollado significativamente, enfatizando que el manejo integral no sólo abarca el uso de los recursos naturales con los objetivos tradicionales de conservación de suelos, aprovechamiento hídrico, agrícola o forestal, sino que considera también metas de producción, con el consecuente impacto económico y social. Se trata de equilibrar el aprovechamiento de los recursos naturales con la conservación de los mismos.

El énfasis en los actores claves también ha cambiado. Antes se consideraba a los organismos gubernamentales como el actor principal, ahora la participación de los habitantes y usuarios de la cuenca es indispensable y primordial para el manejo integral de las cuencas hidrográficas. El concepto de manejo de cuencas se ha desarrollado significativamente, enfatizando que el manejo integral no sólo abarca el uso de los recursos naturales con los objetivos tradicionales de conservación de suelos, aprovechamiento hídrico, agrícola o forestal, sino que considera también metas de producción, con el consecuente impacto económico y social. Se trata de equilibrar el aprovechamiento de los recursos naturales con la conservación de los mismos. Red Latinoamericana de Cuencas hidrográficas (REDLACH), FAO y el Instituto Nacional de Recursos Naturales del Perú (INRENA, 2003).

I.4.1 Modalidades de Gestión de Cuencas

La Asociación Mundial para el Agua (GWP – Global Water Partnership, según sus siglas en inglés) es una red internacional abierta a todas las organizaciones involucradas en la gestión del agua. El objetivo es fomentar la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), proceso que promueve la gestión y desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados.

Esta Asociación define a la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos como “un proceso que promueve la gestión y el aprovechamiento coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el objetivo de maximizar el bienestar social y económico de forma equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales”.

El concepto de GIRH procura resolver la asignación del Agua en forma óptima considerando los aspectos económicos, ambientales, normativos y sociales, de manera coordinada con la de los otros recursos naturales en los planos intersectoriales e intergeneracionales. En sentido amplio Buroz Castillo (1998) la define como el “Conjunto de instrumentos, normas, procesos, controles, etc., que procuran la defensa, conservación, y mejoramiento de la

calidad ambiental y el usufructo de los bienes y servicios ambientales sin desmedro de su potencial como legado intergeneracional”.

La GIRH surgió durante la última década como una respuesta a la ‘crisis del agua’, la preocupación generalizada y bien articulada de que los recursos de agua fresca del planeta están sintiendo cada vez más la presión insostenible del crecimiento demográfico, las crecientes demandas de agua y la creciente contaminación.

En la Agenda 21 (WSSCC), el subsector de agua y saneamiento señaló la aprobación de la GIRH. La consideración fundamental más importante para el subsector, es que la GIRH, supone cambiar los enfoques tradicionales con base en el subsector (agua y saneamiento, riego, industria, etc.), por el enfoque más holístico o integrado de la gestión del agua, basado en un juego de principios clave acordados. En conjunto, los principios ofrecen un marco para analizar y, ulteriormente, para manejar los múltiples usos del agua en situaciones de más competencia y de conflicto potencial, y donde los recursos hídricos son escasos, o están contaminados.

Usamos el termino gestión (del agua) para referirnos al ciclo completo de la gestión, que incluye planificación, implementación, monitoreo y evaluación, entre otros.

La GIRH también proporciona un marco para que las actividades de agua y saneamiento consideren y manejen mejor sus propios impactos en los otros usuarios del agua, especialmente los impactos del saneamiento y el tratamiento de aguas residuales inadecuados. En todo el Sur, la baja cobertura de saneamiento y el vertido generalizado de aguas residuales no tratadas tienen impactos considerables en la calidad del agua río abajo (y en el agua subterránea), en los usuarios y el medio ambiente (Moriarty et al., 2006).

La gestión del agua se realiza a nivel de jurisdicciones político-administrativas cuyos límites no siempre coinciden con los de las cuencas, por lo que las autoridades disponen de varias opciones en lo que a la creación de estructuras administrativas se refiere:

- Entidades de cuencas interjurisdiccionales y transfronterizas.
- Entidades con funciones de autoridad de aguas a nivel de cuenca.
- Entidades con función de coordinación y fomento de participación en gestión de agua.

Cuando varias jurisdicciones político-administrativas gestionan y aprovechan un recurso compartido, las acciones adoptadas para el caso de entidades de cuenca se suelen centrar en materias estrictamente técnicas y en los programas acordados por las partes.

Las cuencas son las unidades territoriales óptimas para la gestión de los recursos hídricos, por lo que la autoridad de agua nacional puede descentralizar sus funciones a nivel de cuenca, para que sean desempeñadas por una entidad local, siguiendo las políticas del órgano central. Se ha detectado que es conveniente que exista un cierto poder, en manos de la autoridad nacional para aplicar la legislación que no hagan cumplir los organismos de cuencas.

Bajo la existencia de un organismo nacional de agua, existen múltiples actores que toman decisiones que tienen efectos en las conductas de los usuarios del agua o en el recurso mismo. Para evitar conflictos y generar coherencia de los múltiples actores es necesaria la coordinación de todos aquellos que toman decisiones sobre el recurso. La Cuenca es la unidad territorial óptima para este tipo de coordinación.

El adecuado funcionamiento de los diferentes tipos de entidades de Cuenca pasa por la confluencia de tres factores. Un sistema político-institucional estable y articulado a nivel nacional o local, apoyo de las autoridades públicas y demanda por parte de los usuarios del agua (Cansela Barrio, 2003).

1.4.2 Gestión integrada de Recursos hídricos

Cuando se habla de la gestión integrada de los recursos hídricos, la misma intenta resolver en forma apropiada la asignación óptima en sentido económico, social y ambiental del agua, en forma coordinada con la de los otros recursos naturales, en los planos intersectorial e intergeneracional. Para ello se apoya en el

marco de principios que definen el concepto de manejo integrado, procura un alto nivel de articulación interinstitucional y de participación y propone a la cuenca como la unidad más deseable de planificación, gerenciamiento y control (Figura I.2).

La gestión integrada de los recursos hídricos (GIHR) es un “proceso que promueve el desarrollo coordinado y la gestión del agua, suelo y recursos relacionados para maximizar el resultado económico y el bienestar social de una manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales” (GWP- SAMTAC, 2000), que ofrece la oportunidad de considerar diversos instrumentos que pongan en la práctica las políticas hídricas que garanticen la sustentabilidad del recurso (Universidad Nacional de Pereira, 2009).

Adaptando los conceptos de Lanna (1991), se puede definir a la Gestión de los Recursos Hídricos como una actividad analítica y creativa destinada a la formulación de principios y directrices, a la preparación de documentos orientadores y proyectos, a la estructuración de sistemas de gerenciamiento y a la toma de decisiones que tienen por objetivo final el promover, en forma coordinada, el inventario, uso, control y protección de los recursos hídricos con vistas a lograr el objetivo estratégico del desarrollo sustentable.



Figura I.2. Gráfico del Ciclo de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos.

Fuente: Marcelo Gaviño Novillo. Consulta Pagina web 2012.

Forman parte de esa gestión:

Política Hídrica: Se trata de un conjunto consistente de principios doctrinarios que conforman las aspiraciones sociales y/o gubernamentales en lo que concierne a la reglamentación o modificación del uso, control y protección de los recursos hídricos.

Planificación hídrica: Es un estudio prospectivo que busca, en su esencia, adecuar el uso, control y protección de los recursos hídricos a las aspiraciones sociales y/o gubernamentales, expresas formal o informalmente en la Política Hídrica, a través de la coordinación, compatibilización, articulación e implementación de proyectos de intervenciones estructurales y no estructurales. En forma más resumida, la Planificación Hídrica busca promover la armonización entre la oferta y el uso de los recursos hídricos en el espacio y el tiempo.

Gerenciamiento: Conjunto de acciones destinadas a materializar y/o promover las actividades de coordinación, compatibilización, articulación e implementación de proyectos de intervenciones estructurales y no estructurales, a regular el uso, control y protección de los recursos hídricos y a evaluar la conformidad de la situación corriente con los principios doctrinarios establecidos por la Política Hídrica. En el plano gubernamental, dicho gerenciamiento se materializa o se orienta por medio de un marco normativo compuesto por leyes, decretos, normas y reglamentos.

Dicho marco normativo responde y a la vez determina un “Modelo de Gestión”, entendido como la configuración administrativa adoptada por la organización del Estado para manejar el recurso hídrico. Un modelo que viene siendo ampliamente considerado adopta a la cuenca hidrográfica como unidad administrativa de planeamiento e intervención, a diferencia de otros modelos tradicionales que adoptan las unidades de carácter político administrativas como son las Provincias y los Municipios.

Sistema de Gestión: Es el conjunto de organismos, entidades e instalaciones gubernamentales y privadas, establecidas con el objetivo de

ejecutar la Política Hídrica a través del Modelo de Gestión, y teniendo por instrumento al Planeamiento Hídrico.

En síntesis, una Gestión Hídrica eficiente debe ser constituida por una Política Hídrica, que establece las directrices generales, por un Modelo de Gestión, que establece la organización legal y administrativa y por un Sistema de Gestión, que articula instituciones y aplica los instrumentos legales y metodológicos para la preparación y ejecución del Planeamiento (Calcagno, 2000).

I.4.3 La planificación hídrica en la Rca. Argentina y Entre Ríos

El 27 de marzo de 2003, los representantes de las jurisdicciones provinciales, suscribieron el Acta Constitutiva del Consejo Hídrico Federal (COHIFE), como ámbito de discusión, concertación y coordinación de la política hídrica en el que participan las provincias, la ciudad autónoma de Buenos Aires y la SsRH.

El 17 de setiembre de ese mismo año el COHIFE suscribió el Acuerdo Federal del Agua y los Principios Rectores de Política Hídrica, y se acordó elevarlos al Congreso Nacional para materializar una normativa a través de una ley Marco Nacional de Política Hídrica. En esa oportunidad, cada integrante del organismo se comprometió a compatibilizar e instrumentar dichos principios en las políticas, legislaciones y la gestión de las aguas de sus respectivas jurisdicciones.

El 31 de marzo de 2006 la VI Asamblea del COHIFE aprobó la propuesta de proyecto de ley elaborado por la Subsecretaría de Recursos Hídricos para que el COHIFE participe en la formulación y el seguimiento estratégico de la Política Hídrica Nacional. Dicho proyecto fue firmado por los representantes de las distintas jurisdicciones y presentado ante el Congreso Nacional como iniciativa del Poder Ejecutivo.

Esta iniciativa se acompañó, además, de la aprobación de los Principios Rectores de Política Hídrica.

La adopción de los Principios Rectores facilita no sólo avanzar hacia un desarrollo armónico del recurso hídrico sino también disminuir los eventuales conflictos derivados de su uso, e incluso facilitar la resolución de los mismos. La materialización de estos principios en acciones sustentables y eficientes requiere del apoyo participativo de la comunidad hídrica en su totalidad y de un férreo compromiso del sector político, en el entendimiento que del manejo inteligente de las aguas depende la vida y la prosperidad de nuestro país (COHIFE, 2003).

Fundamentos del Plan Nacional Federal. Sobre la base del consenso que existe en las autoridades del agua de todas las jurisdicciones argentinas, plasmados en los Principios Rectores de la Política Hídrica, PRPH, es posible plantear la formulación de un plan nacional que se compatibilice con las planificaciones provinciales, sectoriales y por cuencas, y que coordine los distintos planes que se generen. Tal coordinación tiene por objetivos: (i) lograr la mayor coherencia posible en los criterios empleados para formular esos planes; (ii) asegurar que en su formulación se haya intentado conciliar los enfoques que surgen de una visión de conjunto con las visiones locales; (iii) estimar y evaluar en forma conjunta los recursos necesarios para lograr los objetivos que se acuerde establecer. En particular, la estimación y evaluación de los recursos necesarios proveerá una orientación muy valiosa a todas las organizaciones públicas y privadas que actúan en los sectores Agua y Ambiente. Esos recursos abarcan tanto los recursos hídricos y ambientales, como las capacidades de los recursos humanos y de las organizaciones existentes.

El abordaje debe ser participativo y dinámico. Que sea participativo es necesario por la organización política federal del país, pero también por la naturaleza de la GRH que, por la complejidad de las interrelaciones físicas y sociales, requiere de la participación de los niveles locales en los procesos de toma de decisiones.

Que sea dinámico es necesario por la incertidumbre que también es característica de los sistemas complejos, lo que obliga a planificar por etapas, de

manera de poder revisar periódicamente las acciones que integran los planes, con el fin de ajustarlas a hechos que no pudieron ser previstos.

El Plan Nacional Federal es una herramienta básica de la gestión que permitirá el uso del recurso hídrico, con vistas al desarrollo económico y social de la Nación, tanto de las aguas superficiales como subterráneas, y de los ecosistemas acuáticos y terrestres directamente dependientes de ellas, asegurando su aprovechamiento ambientalmente sostenible en las cuencas hidrográficas correspondientes.

De esta manera se entiende que la formulación del Plan Nacional Federal se orientó a compatibilizar las acciones contempladas en las planificaciones provinciales, regionales, sectoriales y por cuencas.

Se estableció también que el Plan Nacional Federal tiene como objetivos:

- Lograr la mayor coherencia posible en los criterios empleados para formular esos planes.
- Asegurar que, en su formulación, se hayan intentado conciliar los enfoques que surgen de una visión de conjunto con las visiones locales.
- Estimar y evaluar en forma conjunta los recursos necesarios para lograr los objetivos que se acuerde establecer.

Los principios generales considerados para la formulación del Plan son.

- Asegurar la provisión de agua potable y saneamiento a toda la población (equidad).
- Optimizar el aprovechamiento del agua para usos productivos (eficiencia y desarrollo sostenible).
- Reducir y prevenir la contaminación de las aguas (desarrollo sostenible).
- Prevenir las inundaciones y las sequías (minimización de riesgos).
- Proteger y preservar el ambiente (desarrollo sostenible).

Las responsabilidades relacionadas con el logro de estos objetivos son generalmente compartidas entre diversos organismos, los principales usuarios y la población. Por lo tanto es posible organizar el análisis de los problemas relacionados directamente con el logro de los objetivos mencionados, con las capacidades del organismo o de los organismos responsables de la atención de los siguientes componentes principales de la Gestión Hídrica (esta clasificación es abarcativa, en el sentido que puede adaptarse a distintas formas de organizar la prestación de los servicios relacionados).

- 1- Provisión de Agua Potable y Saneamiento
- 2- Gestión de Inundaciones y Sequías
- 3- Prevención de la Contaminación
- 4- Gestión del Agua Subterránea
- 5- Gestión del Uso Eficiente y Sostenible en el Riego, la Industria y la Minería
- 6- Generación de Electricidad
- 7- Preservación del Ambiente
- 8- Coordinación de la Gestión Hídrica

1.4.4 Proceso de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos

Según una definición de la Asociación Mundial para el Agua (Global Water Partnership, GWP), la gestión integrada del agua es un proceso que promueve la gestión y el aprovechamiento coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales (GWP, 2000).

La Gestión Hídrica es un proceso dinámico e interactivo que se expresa a través de acciones o medidas de carácter físico, normativo, institucionales, organizativas, económicas y financieras conducidas por una diversidad de actores gubernamentales nacionales, provinciales e interjurisdiccionales y de la Sociedad

Civil, que tienen responsabilidad o intereses (activos o pasivos, directos e indirectos) en la gestión de los recursos hídricos.

Entre estos actores se destacan en la República Argentina por su protagonismo, el Estado Nacional, con las facultades que le atribuyen la Constitución Nacional, Códigos y Leyes dictados en consecuencia y su capacidad de canalizar recursos financieros de fuentes nacionales e internacionales, los Estados Provinciales, que ostentan el dominio originario de los recursos naturales en sus territorios y en consecuencia tienen competencia y ejercen el poder de policía en materia de uso y protección de los mismos y, últimamente, el sector privado, en la forma de organizaciones de usuarios o privadas que han incrementado su participación en las actividades de gerenciamiento del recurso principalmente en el ámbito de prestación de servicios en el sector saneamiento, hidroeléctrico y en menor medida, en riego.

La Nación tiene facultades en relación con las materias delegadas por las Provincias en la Constitución Nacional y ello se relaciona con la navegación en el caso de ríos navegables, la exploración de los ríos interiores, en forma compartida con las Provincias, y con las cuestiones de política exterior que involucran recursos hídricos compartidos con los países limítrofes (Calcagno, 2000).

La tarea por parte del Gobierno y la sociedad en su conjunto debería dar confianza a los agricultores sobre la conveniencia de un "nuevo" modelo de desarrollo agrario que regenere las relaciones entre la agricultura y la naturaleza sobre las bases de la complementariedad y la conservación. Desde luego, este nuevo marco no debe implicar una pérdida de bienestar para el conjunto de los agricultores, si bien puede suponer una redistribución de renta dentro de este colectivo.

I. 5 Bosques Nativos

En esta sección se trata el tema relacionado a los bosques nativos de la provincia, especialmente los de la Cuenca del Arroyo Feliciano.

Los Bosques Nativos son aquellos que se han establecido sin la intervención del hombre y, a diferencia de los cultivos y al igual que el suelo y el agua, son sistemas vitales, con una importante aunque limitada capacidad de autoconservación y autorregulación. Los mismos presentan una máxima complejidad conformada por una enorme diversidad de especies de plantas y animales que interactúan entre sí (polinización, predación, ciclo de nutrientes, dispersión).

El bosque nativo involucra beneficios tangibles e intangibles indispensables para la continuidad de la vida sobre el planeta, como microclimas, refugio de fauna y flora, protección de los suministros de agua potable y fertilidad de suelos, fuente de energía, lugar de vida de comunidades campesinas y aborígenes y lugar de producción de recursos forestales y de productos no madereros (miel, medicinas, fauna silvestre, etc.).

También son una fuente de información climática almacenada en sus troncos por siglos y un sumidero de carbono capaz de hacer frente al cambio climático, fijando una parte importante del carbono que la actividad industrial y automotriz libera a la atmósfera (Browm, 2009).

1.5.1 Panorama internacional, nacional y provincial sobre los bosques nativos

A lo largo de los años se ha señalado a la expansión agrícola como factor común en casi todos los estudios sobre la deforestación. De hecho, gran parte del aumento de la producción de alimentos se ha llevado a cabo a costa de centenares de millones de hectáreas de bosque. No hay estimaciones sólidas sobre la superficie de tierras agrícolas y de pastoreo que originalmente estaban cubiertas de bosques, pero lo cierto es que una gran proporción de éstos fue talada para dar lugar a actividades agrícola-ganaderas.

A lo largo de toda su existencia el hombre ha utilizado los productos del bosque para diversos usos produciendo, incluso, la eliminación parcial o total para expandir la superficie agrícola o ganadera.

Cada vez se reconoce más la importancia de los bosques en la lucha contra la pobreza y la protección del medio ambiente, sin embargo, según admitió el Subdirector General de la FAO - Departamento de Montes Sr. Hosny El Lakany, el ritmo del desmonte y la degradación forestal siguen siendo alarmantes. (Montenegro et al., 2004).

Los bosques pueden constituir redes de seguridad vitales al ayudar a la población rural a evitar, atenuar o escapar de la pobreza proporcionando bienes y servicios. El Banco Mundial calculó recientemente que los medios de subsistencia de una cuarta parte de la población pobre del mundo dependen directa o indirectamente de los bosques, motivo suficiente para crear planteamientos integrados a fin de reducir la pobreza mediante la gestión sostenible de los bosques (Dirección de bosques, 2007).

La deforestación, que puede definirse como la pérdida de superficie forestal, no es un fenómeno nuevo para la humanidad. En los tres últimos siglos el promedio de deforestación fue de seis millones de hectáreas anuales y se dio concretamente en el Hemisferio Norte, principalmente en los siglos XVIII y XIX. (Montenegro et al., 2004).

Actualmente la deforestación medida como pérdida de superficie, no sólo ha aumentado significativamente sino que, además, ha dejado de ser patrimonio del Hemisferio Norte como lo fue durante los tres últimos siglos, para pasar a ser un fenómeno concentrado en el Hemisferio Sur. Este hecho debe llamar a la reflexión.

La Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) ha coordinado la evaluación de los recursos forestales mundiales cada cinco a diez años desde 1946. De esta manera ha trabajado con información recopilada y analizada de 229 países y territorios. Como resultado de este accionar, se obtuvieron mejores datos, un proceso más transparente en la elaboración de informes y una mayor capacidad nacional para el análisis de datos y la transmisión de información: así se han mejorado los conocimientos sobre los bosques y la silvicultura en el mundo.

El Informe Nacional para la Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales (FRA, 2005), es la más completa de las evaluaciones forestales y del sector forestal realizada hasta la fecha, no solo por el número de países y de personas participantes, sino también por su contenido. Examina la situación actual y las tendencias recientes de unas 40 variables relativas a extensión, condición, usos y valores de los bosques y otras tierras con cubierta de árboles, con el objeto de evaluar todos los beneficios de los recursos forestales.

Los resultados básicos se presentan conforme a seis temas que definen la ordenación forestal sostenible:

- Extensión de los recursos forestales
- Salud forestal
- Diversidad biológica
- Funciones productivas de los recursos forestales
- Funciones protectoras de los recursos forestales
- Funciones socioeconómicas de los recursos forestales

FRA 2005 abarca todos los tipos de bosques: desde los boreales y templados hasta las sitios arbolados de zonas áridas y los bosques pluviales tropicales, desde los bosques primarios hasta los bosques ordenados y utilizados con varios fines, incluidas las plantaciones forestales.

Según la FAO los bosques cubren el 30% del área total de la tierra, el área total de bosques en el 2005 era algo menos de 4 mil millones de hectáreas, lo que significaba un promedio de 0,62 ha per cápita. Pero esta área está desigualmente distribuida. Por ejemplo, 64 países que suman una población de 2 mil millones de habitantes tienen menos de 0,1 ha de bosque per cápita. Los diez países más ricos en bosques reúnen dos tercios del área total de bosques. Siete países o territorios no tienen bosque alguno, y otros 57 tienen bosques en menos del 10 por ciento del área total de su tierra (Figura I.3).

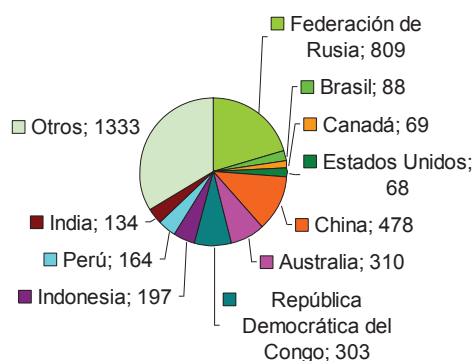


Figura I.3. Países con mayor superficie de bosques en el mundo en el año 2005.
(Superficie expresada en millones de hectáreas).

La deforestación, sobre todo para convertir los bosques en tierras agrícolas, prosigue a un ritmo alarmante: unos 13 millones de hectáreas al año. (FAO, 2005). Al mismo tiempo, las plantaciones forestales, la restauración del paisaje y la expansión natural de los bosques han reducido notablemente la pérdida neta de área de bosque. El cambio neto en el período 2000–2005 se calcula en -7,3 millones de hectáreas al año (área aproximadamente equivalente a la de Sierra Leona y Panamá), frente a -8,9 millones de hectáreas anuales en el período 1990–2000. África y América del Sur, son los continentes que continúan teniendo la mayor pérdida neta de bosques por año.

También Oceanía, América del Norte y América Central experimentaron sus pérdidas forestales netas. En ese periodo el área de bosque en Europa siguió aumentando, aunque más lentamente. Asia, que había tenido una pérdida neta en el último decenio del siglo XX, acusó una ganancia de bosque neta en el período 2000–2005, sobre todo debida a la forestación en gran escala informada por China (Figura I.4).

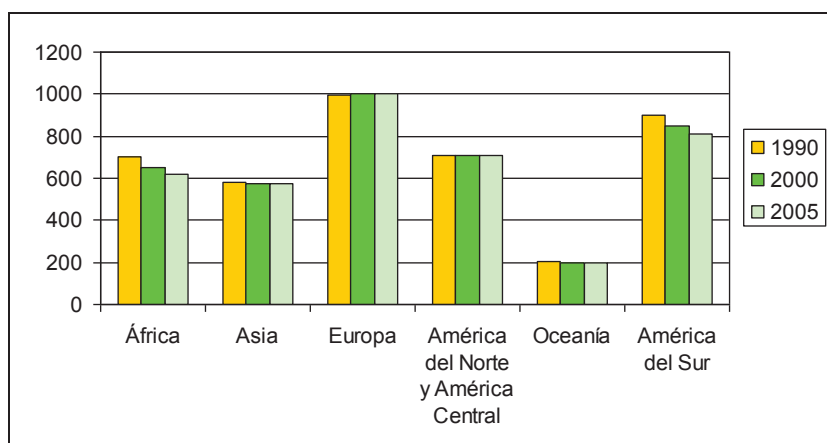


Figura I.4. Tendencias del área de bosque por regiones en el mundo en el período, 1990–2005 (millones de hectáreas).

Los bosques primarios (definidos éstos como bosques de especies nativas donde no hay señales claramente visibles de actividades humanas y en los que los procesos ecológicos no sufren perturbaciones importantes) abarcan el 36% del área total de bosque – pero seis millones de hectáreas se pierden o modifican cada año (FRA, 2005).

El rápido descenso del área de bosque primario en la década de los años 90 continuó en 2000–2005. Este descenso se debe no solo a la deforestación, sino también a la modificación de los bosques por obra de la extracción selectiva de madera y otras intervenciones humanas. Algunos países registraron cambios positivos en la extensión de los bosques primarios, principalmente varios países europeos y Japón. Esto es posible porque puede haber bosques donde no se dieron intervenciones humanas y evolucionaron hasta corresponder a la definición de bosques primarios utilizada en FRA 2005 (Figuras I.5 y I.6).

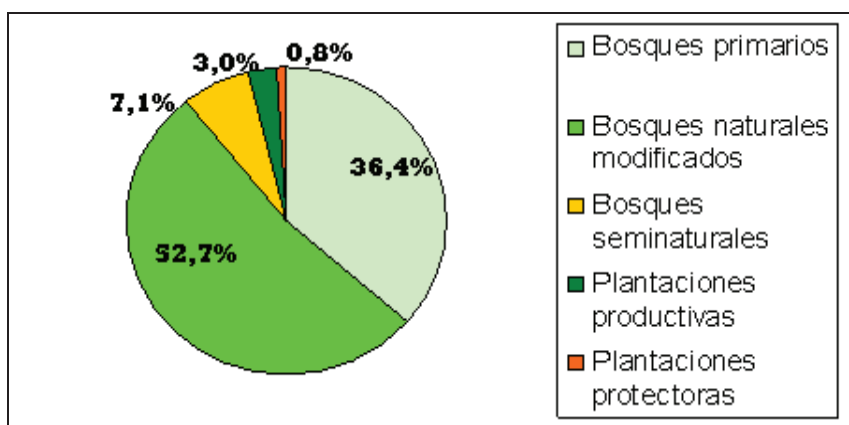


Figura I.5. Tipos de bosques del mundo expresados en porcentajes, en el año 2005.

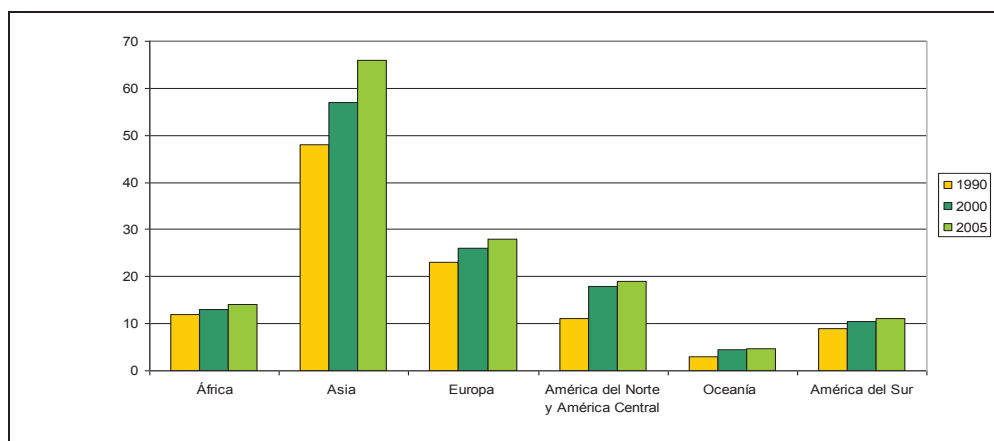


Figura I.6. Cambios de los porcentajes de bosques primarios por regiones, para el periodo 1990–2005 (millones de hectáreas).

Las plantaciones forestales crecen, pero su contribución aún no llega al 5% del área total de bosques. Bosque y árboles se plantan con muchos fines a un ritmo creciente. Las plantaciones forestales –subclase de los bosques plantados que consiste básicamente en especies introducidas– se calculan en el 3,8 por ciento del área total de bosques, 140 millones de hectáreas. Las plantaciones productivas, establecidas sobre todo para la producción de madera y fibra, son el 78% de las plantaciones forestales, y las plantaciones protectoras, establecidas con el fin principal de conservación del suelo y del agua, son el 22%. El área de las plantaciones forestales ha crecido en unos 2,8 millones de hectáreas anuales

durante el periodo entre 2000–2005, siendo el 87% plantaciones productivas (Evaluación de bosques, 2005).

Pese al gran número de especies arbóreas nativas en muchos países, son relativamente pocas las que constituyen la mayor parte del volumen de existencias en formación (FRA 2005). En la mayoría de las regiones y subregiones, las diez especies arbóreas más comunes (por volumen) constituyen más del 50% del volumen total. Son excepciones África Occidental y Central, Asia Meridional y Sudoriental y América Central, donde la diversidad de especies arbóreas es particularmente alta. Las especies raras y las muy valoradas por su madera o sus productos forestales no madereros (PFNM) están con frecuencia en peligro de extinción en algunos de sus medios naturales. En término medio, el 5% de las especies arbóreas nativas de un país son vulnerables, están en peligro, o en grave peligro.

Un aspecto a considerar es que los bosques son un sumidero vital de carbono. Mientras que la deforestación, la degradación y la mala ordenación de los bosques reducen el almacenamiento de carbono en los bosques, que es lo que sucedió en el periodo 1990-2005 (FRA, 2005), tal como puede observarse en la Figura I.7, la ordenación sostenible, las plantaciones y la rehabilitación de los bosques pueden aumentar la retención del carbono. Se calcula que los bosques del mundo almacenan 283 gigatonnes (Gt) de carbono solo en su biomasa, y que el carbono retenido en el conjunto de la biomasa forestal, los árboles muertos, la hojarasca y en el suelo supera en alrededor del 50%, la cantidad de carbono en la atmósfera.

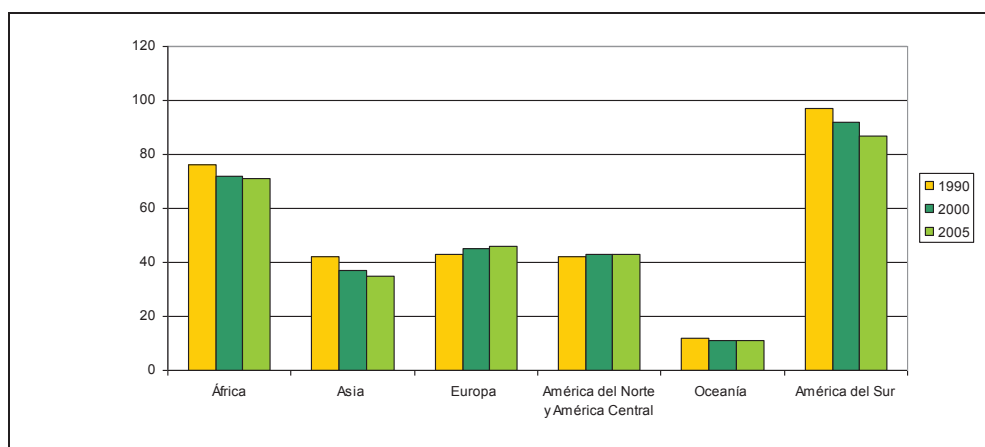


Figura I.7. Cambios en las existencias de carbono (Gt) en la biomasa forestal, 1990–2005.

El carbono en la biomasa forestal descendió en África, Asia y América del Sur en el período 1990–2005, pero aumentó en todas las demás regiones. En el mundo, las existencias de carbono en la biomasa forestal disminuyeron en 1,1 Gt de carbono anualmente, a causa de la deforestación y la degradación forestal continuadas, parcialmente compensadas por la expansión de los bosques (incluidas las plantaciones) y por un aumento de las existencias en formación por hectárea en algunas regiones (FRA, 2005).

Las alteraciones en los bosques pueden ser devastadoras, pero la información sobre éstas, ha sido insuficiente. Se informó sobre un promedio anual de 104 millones de hectáreas gravemente afectadas por incendios forestales, plagas (de insectos y enfermedades) o fenómenos climáticos como sequía, vientos, nieve, heladas e inundaciones. Sin embargo, estas informaciones quedaron muy por debajo de la extensión real de los bosques afectados, faltando información de muchos países, especialmente sobre incendios en África.

El 84% de los bosques del mundo son propiedad pública, pero la propiedad privada va en aumento. Las tendencias a transferir poderes a las comunidades, a la descentralización y a la mayor participación del sector privado en la ordenación forestal experimentada en los últimos 20 años se reflejan en cambios en la propiedad y el uso de los bosques en algunas regiones (FRA, 2005). Analizando la Figura I.8, la mayor parte de los bosques del mundo siguen

siendo propiedad pública. Las diferencias entre regiones son considerables. En América del Norte y América Central, Europa (excluida la Federación de Rusia), la proporción de bosques privados es mayor que en otras regiones.

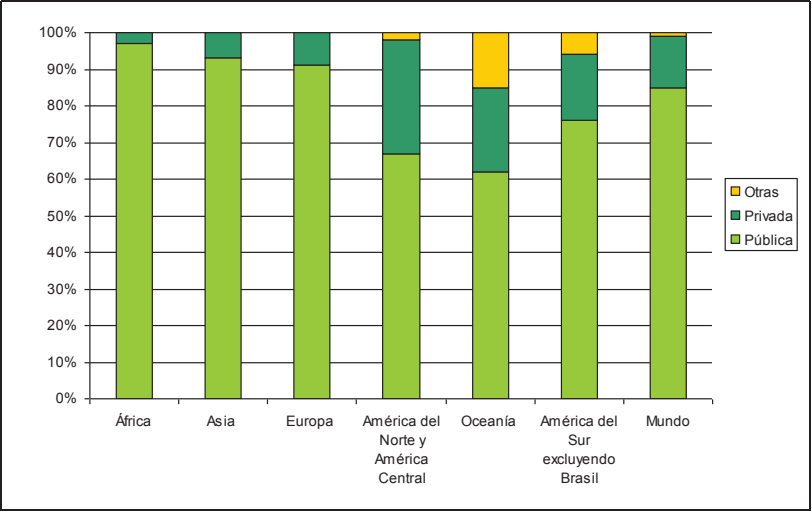


Figura I.8. Propiedad de los bosques en el mundo (ordenada en %).

Respecto a las funciones que cumplen los bosques puede decirse que son muy variadas (Figura I.9). Al 11% de los bosques del mundo se les ha asignado la función de conservación de la diversidad biológica. Para FRA (2005), los países indicaron el área de bosque a la que se le asignó la función primaria de conservación. Esta área ha crecido en unos 96 millones de hectáreas desde 1990 y ahora corresponde al 11 por ciento del total.

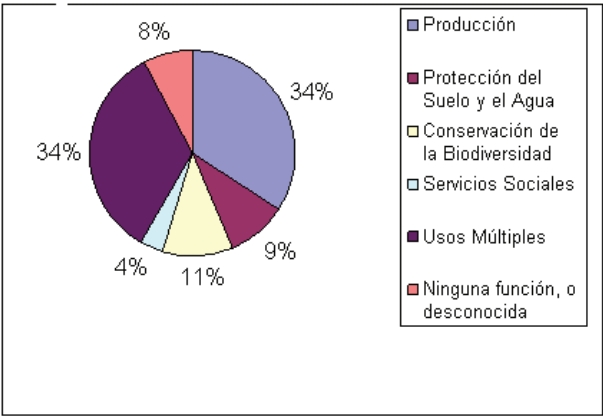


Figura I.9. Funciones atribuidas a los bosques en el mundo, 2005 (%).

En relación al uso de los bosques mundiales un tercio de los mismos se utilizan principalmente para la producción de madera y productos forestales no madereros. La producción de madera y productos forestales no madereros es la función primaria del 34% de los bosques del mundo. Más de la mitad de todos los bosques se utiliza para esa producción en combinación con otras funciones como protección del suelo y el agua, conservación de la biodiversidad y fines recreativos como puede observarse en la Figura I.10.

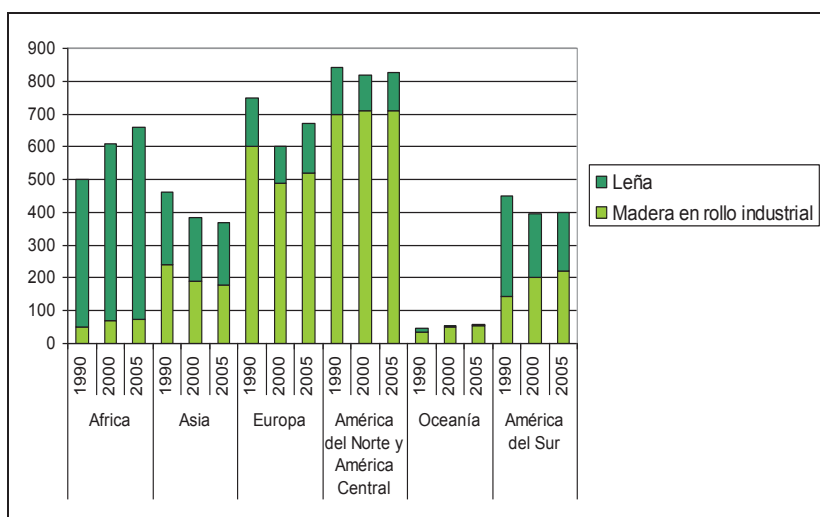


Figura I.10. Tendencias en la extracción de madera, 1990–2005 (millones de m³) (FRA, 2005).

Las funciones protectoras de los bosques van desde la conservación del suelo y el agua y prevención de aludes hasta la estabilización de dunas, lucha contra la desertificación y protección de costas. Más de 300 millones de hectáreas se destinan a conservación del suelo y el agua. Según FRA (2005), se calculan en 348 millones de hectáreas los bosques que tienen una función protectora como objetivo primario. Dieciocho países indicaron que todos sus bosques tienen funciones protectoras, con carácter primario o secundario. En general, la proporción de bosques destinados a funciones protectoras ha aumentado pasando del 8 por ciento en 1990 al 9 por ciento en 2005.

El uso de bosques con fines recreativos y educativos va en aumento, pero es difícil de cuantificar. La única región con datos relativamente buenos sobre el

uso de los bosques para esparcimiento, turismo, educación y/o conservación de parajes culturales y espirituales es Europa, donde tales servicios sociales se presentaron como objetivo primario de la ordenación forestal en un 2,4 por ciento del área total de bosque. En total, el 72 por ciento del área de bosque en Europa presta servicios sociales (excluyendo la Federación de Rusia).

El valor de las extracciones de madera descende, mientras que el valor de los productos forestales no madereros aumenta. La extracción de madera en rollo en 2005 se situaban en torno a 64 mil millones de dólares estadounidenses. Se acusa una tendencia al alza de alrededor del 11 por ciento sobre los anteriores 15 años. Las extracciones de productos forestales no madereros, en el 2005 fué de unos 4,7 mil millones de dólares. De los cuales, los productos vegetales comestibles y la caza son los más significativos en términos de valor. Las tendencias mundiales y regionales muestran en general un ligero aumento desde el año 1990.

El personal empleado en el sector forestal, (excluida la industria de elaboración de la madera), descendió en un 10% de 1990 a 2000. El descenso tuvo lugar sobre todo en la producción primaria de bienes, y es probablemente atribuible a aumentos en la productividad laboral. Por regiones, Asia y Europa acusaron una tendencia a la baja, mientras que en otras regiones el empleo aumentó algo, probablemente porque la producción de rollizos creció más que la productividad laboral (UINC, 2008).

FRA (2005) recopiló datos sobre empleo formal solamente. Sin embargo, algunos países no distinguen en sus informes entre empleo formal e informal, por lo que el empleo formal puede situarse en algo menos de 10 millones de personas. Teniendo en cuenta el sector no estructurado, la importancia del conjunto de los trabajadores forestales para la vida rural y las economías nacionales es bastante mayor de lo que sugiere esa cifra.

Además del fenómeno de la deforestación, existe otro proceso de deterioro del recurso, que es la degradación, que consiste en la pérdida de biomasa y da como resultado un bosque empobrecido. Existen claras evidencias de que la

pérdida de biomasa en las masas forestales tropicales tiene lugar con una tasa significativamente más elevada que la pérdida de superficie debida a la deforestación. Sin embargo, al ser un proceso menos impactante a simple vista no recibe la atención que merece (FRA, 2005).

Ante este estado de cosas, la Deforestación y Degradación de las masas forestales constituye una de las mayores amenazas para el equilibrio ecológico de todo el planeta, al que hemos colocado en una verdadera situación de emergencia (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2004).

Las políticas de desarrollo forestal de una región deberían asegurar la preservación, la conservación y el desarrollo sustentable de los bosques para satisfacer las necesidades y exigencias locales, nacionales, regionales y globales para el beneficio de las presentes y futuras generaciones, como ha sido discutido en los foros internacionales sobre Desarrollo Sustentable: Club de Roma (1972), Comisión Brundtland (1987), Cumbre de Río y La Agenda 21 (1992), y las Convenciones sobre Biodiversidad y Cambio Climático en el 1992 y 2005, respectivamente.

1.5.1.1 Situación de los bosques en la República Argentina

Como ya se ha señalado anteriormente, la expansión agrícola es el factor común en casi todos los estudios sobre deforestación, por lo que el aumento de la producción de alimentos a nivel mundial se ha llevado a cabo a costa de la tala de centenares de millones de hectáreas de bosques. No hay estimaciones sólidas sobre la superficie de tierras agrícolas y de pastoreo que originalmente estaban cubiertas de bosques, pero lo cierto es que una gran proporción de éstos fue talada para dar lugar a actividades agrícola-ganaderas. La Rca. Argentina, tiene una superficie de 3.761.274 Km² representando sus bosques solo un 10%. El primer dato disponible sobre la superficie efectiva de bosque corresponde al Censo Nacional Agropecuario de 1937, con 37.535.308 hectáreas (Figura I.11).

Cada vez se reconoce más la importancia de los bosques en la lucha contra la pobreza y la protección del medio ambiente; sin embargo, según admitió el Subdirector General de la FAO - Sr. Hosny El Lakany, el ritmo del desmonte y la

degradación forestal siguen siendo alarmantes. El Banco Mundial calculó recientemente que los medios de subsistencia de una cuarta parte de la población pobre del mundo dependen directa o indirectamente de los bosques, motivo suficiente para crear planteamientos integrados a fin de reducir la pobreza mediante la gestión sostenible de los bosques.

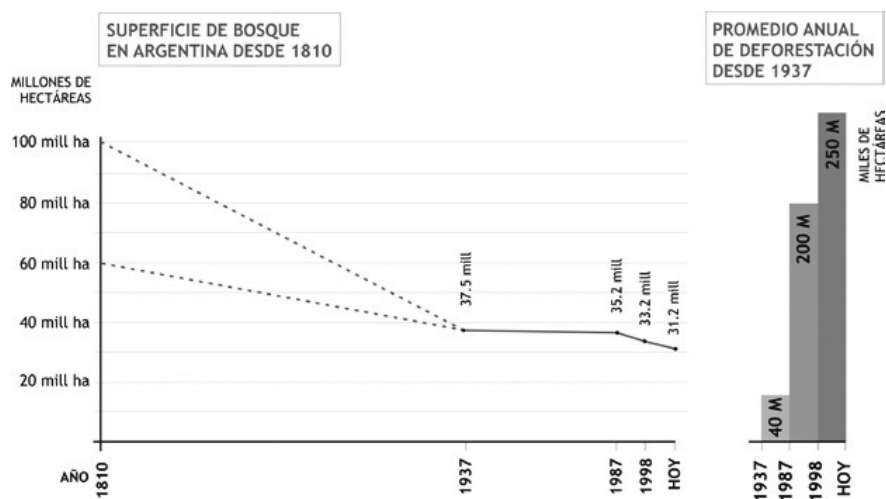


Figura I.11. Superficie de bosques en la República Argentina desde 1810 hasta 2009. Brown (2009)

El cambio del área de bosque, es uno de los 48 indicadores de los Objetivos de Desarrollo del Milenio. FRA (2005) es la más completa de las evaluaciones forestales y de los sectores forestales realizados hasta la fecha, no solo por el número de países y de personas participantes, sino también por su contenido.

El área de bosques nativos en Entre Ríos se localiza en la región centro-norte de la provincia e involucra las cuencas de los Ríos Guayquiraró, la porción superior del Gualeguay y el Arroyo Feliciano.

El departamento Feliciano y una pequeña parte del norte del departamento La Paz pertenecen al clima subtropical húmedo de llanura y el resto de la provincia fue clasificada como clima templado húmedo de llanura (Rojas y Saluso, 1987).

La vegetación de Entre Ríos está comprendida dentro de tres provincias fitogeográficas: Provincia Paranaense, Distrito de las Selvas Mixtas; Provincia del Espinal, Distrito del Ñandubay; y Provincia Pampeana, Distrito Uruguayense, (Cabrera, 1976). En cuanto a los bosques y selvas se ubican preferentemente en los Distritos del Ñandubay y de las Selvas Mixtas, pero el Distrito Uruguayense tiene también vegetación arbórea aunque no tan notable.

Muchos autores sostienen que en el centro-norte de Entre Ríos el bosque nativo ocupa un rol de importancia en los sistemas productivos agropecuarios, presentando diversos signos de deterioro provocados por el desmonte, las talas selectivas y el manejo tradicional de la ganadería, alterando su estructura y composición (Sabattini et al., 1999; Sphan y Casermeiro, 1999). La vegetación típica es de un monte semixerofítico, con un estrato arbustivo y otro herbáceo, muy rico en especies que pertenecen en su mayoría a la flora pampeana.

La condición prístina de los bosques nativos, es muy escasa; se caracteriza por un estrato arbóreo dominante mayor a 6 m de altura, generalmente representado por especies del género *Prosopis* (ñandubay y algarrobo), acompañado por una sinusal de menor altura, dominada por especies del género *Acacia* (Sabattini et al., 1999). El estrato herbáceo se presenta continuo, con predominio de pastizales cespitosos. Las especies dominantes del pastizal pertenecen a los géneros *Piptochaetium*, *Paspalum* y *Stipa*. Además se presentan taxones endémicos, entre los que llaman la atención las palmeras yatay (*Butia yatay* Mart.) y la palma caranday (*Trithrinax campestris* Burm.), que se presentan asociadas al bosque o formando palmares (Burkart et al., 1999).

En el bosque nativo conviven *Prosopis nigra* (Gris.) y *Prosopis alba* (Gris.), *Prosopis affinis* (Spreng.), *Acacia caven* (Mol.), *Aspidosperma quebracho-blanco* (Schltdt.), *Acacia praecox* (Griseb.), entre otras. Además se pueden ver manchones consociados y muy densos de *Celtis tala* (Gill.), *Acacia caven*, *Aloysia gratissima* (Gill. y Hook) y *Lantana megapotamica* (Spreng.), (Plan Mapa de Suelos, 1986).

Con respecto al área con vegetación ribereña, se destaca su alta fragilidad, ya que constituye el soporte de la red hidrográfica y tiene importancia como corredor de la biodiversidad.

El primer gesto político de preocupación por la conservación forestal en la Rca. Argentina se exhibe en 1879, bajo la presidencia de Nicolás Avellaneda, al sancionarse la Ley Nacional 1.054. Este primer esbozo manifestaba la preocupación de las autoridades nacionales por preservar la existencia y estimular el cuidado de los bosques nativos al poner reparos administrativos y técnicos a los desmontes indiscriminados. El Poder Ejecutivo, al votar esta ley, también autorizó a invertir una suma de dinero para realizar el primer ordenamiento forestal del país, el que no llegó a concretarse. La Ley 1.054 fue derogada en 1903 al dictarse la Ley de Tierras 4.167, que sólo contenía dos artículos dedicados a los bosques.

En el año 1915, durante la presidencia de Victorino de la Plaza, el Poder Ejecutivo eleva al Congreso un nuevo proyecto de ley de “bosques y yerbales”. La iniciativa no logra ser sancionada. Posteriormente se dijo que, cuando este proyecto fue presentado ante las Cámaras, no prosperó porque los legisladores consideraban que no se podía legislar sobre un tema casi desconocido, por cuanto nuestro país carecía de personal idóneo para manejarlo (Atlas, 2003).

En el año 1943, se crea la Dirección Forestal, que representa la primer manifestación o reconocimiento de la importancia a nivel institucional del recurso forestal como elemento de importancia dentro de la economía nacional.

Durante las discusiones de la Cámara de Senadores del 16 de septiembre de 1946, en el marco de la sanción de la ley 13.273, se hace mención de una estadística realizada por pedido del gobierno nacional en el año 1915, donde se indica que en la Rca. Argentina existían 100.000.000 ha con vocación forestal. A pesar de ciertas dudas sobre la metodología de cálculo, se afirmaba que la Argentina tenía más del 30 por ciento de la superficie total cubierta de bosques.

La Ley 13.273 de Defensa de la Riqueza Forestal, amplió los campos de acción y permitió encarar políticas forestales de carácter integral. Fue por esa ley

que se creó la Administración Nacional de Bosques (ANB) como organismo específico de aplicación de la misma.

La Administración Nacional de Bosques se transformó en 1968 en Servicio Forestal Nacional y en 1969, como consecuencia de una nueva estructura orgánica de la Secretaría de Estado de Agricultura y ganadería (ex Ministerio de Agricultura de la Nación), el servicio pasa a denominarse Servicio Nacional Forestal.

El primer dato disponible sobre la superficie efectiva de bosque de la República Argentina corresponde al Censo Nacional Agropecuario del año 1937, que indica una superficie de 37.535.308 hectáreas de bosques nativos para ese año (Tabla I.1).

**Tabla I.1: Superficie en hectáreas de Bosque Nativo en Argentina
entre 1937 y 1998**

Año 1937	Año 1987	Año 1998
37.535.308	35.180.000	33.190.442

Fuente: Año 1937: Censo Nacional Agropecuario 1937; Año 1987: Estimaciones del Instituto Forestal Nacional; Año 1998: Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal, 2002.

En el año 1973, al modificarse el artículo 74 de la Ley 13.273 mediante la ley 20.531, el Servicio Nacional Forestal pasa a llamarse Instituto Forestal Nacional (IFONA). El mismo fue creado en jurisdicción del Ministerio de Economía, como un organismo autárquico del Estado, con funcionamiento ajustado a las directivas del Poder Ejecutivo.

En octubre de 1991, por Decreto-Ley 2.284, se ponía fin a esta organización forestal. Así, las funciones del organismo fueron traspasadas a tres instituciones: la hoy Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (SAGPyA); la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente Humano, luego Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Jefatura de Gabinete de Ministros de la Nación, y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

La Rca. Argentina suscribió la Convención sobre Biodiversidad en la conferencia de Río de Janeiro de 1992 y la ratificó luego por Ley N° 24375 de 1994, siendo desde entonces derecho positivo vigente.

El artículo 124 de la Constitución prescribe que “corresponde a las provincias el dominio originario de los recursos naturales existentes en su territorio”. Sin embargo, el dominio debe armonizar con lo garantizado por el texto constitucional del artículo 41 de proteger un ambiente sano observando la obligatoriedad de conservar los recursos mediante el poder de policía, la imposición de restricciones y limitaciones.

En el marco del Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos (Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas Préstamo BIRF 4085-AR, 1998-2005) la Dirección de Bosques realiza por primera vez a nivel nacional la “Cartografía y Superficie de Bosque Nativo de Argentina al año 1998” (UMSEF-Dirección de Bosques-SAyDS, publicado Dic 2002).

Según las estimaciones efectuadas por la Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal la deforestación para el periodo 1998-2002 tiene valores cercanos a 200.000 ha/año.

Los datos demuestran una constante pérdida de superficie de Bosque Nativo y la existencia de una aceleración del proceso en la última década (Figura I.12).

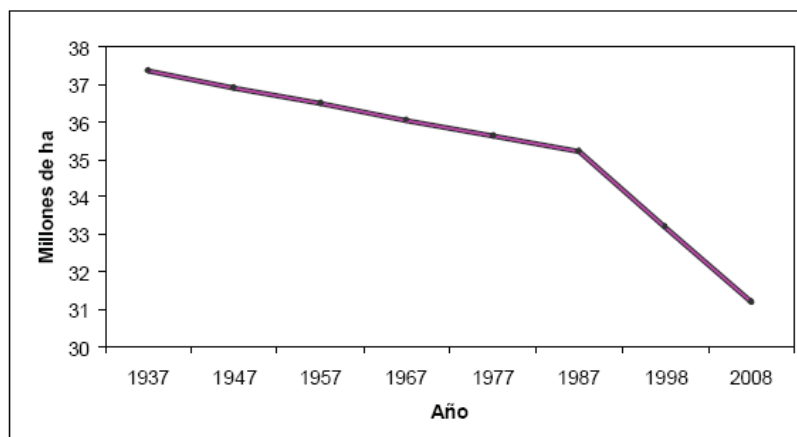


Figura I.12. Evolución de la Superficie de Bosque Nativo en la República Argentina.

Fuente: 1937: Censo Nacional Agropecuario 1937; 1947 a 1987: Estimaciones del Instituto Forestal Nacional; 1998: Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal; 2008: Estimaciones de la Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal.

La deforestación es un proceso que ocurre por pulsos asociados a momentos favorables para la expansión agrícola, ya sea por los precios de los productos agrícolas, cambios tecnológicos o contexto socio-político.

La Rca. Argentina entra, a partir de la década de 1990 y probablemente desde el año 1980, en un nuevo pulso de deforestación favorecido por la inversión en infraestructura, los cambios tecnológicos (transgénicos y siembra directa) y el contexto internacional (globalización) que motivan probablemente uno de los procesos de transformación de bosques nativos de mayores dimensiones en la historia del país.

Al observar estos valores, no debemos olvidar que como se dijo anteriormente el fenómeno de deforestación se refiere exclusivamente a la pérdida de superficie forestal, es decir que no mide el grave proceso de “degradación” de las masas forestales restantes. Los bosques nativos de la Rca. Argentina han sido sometidos a severos procesos de degradación y en muchas partes se encuentran seriamente comprometidas sus posibilidades de proporcionar bienes y servicios.

Sin embargo, el hecho de que los bosques estén degradados no significa que hayan perdido su potencial; por el contrario, son bosques que bajo prácticas silvícolas tendientes al manejo sustentable pueden ser recuperados. La magnitud de este último proceso puede apreciarse, en forma preliminar, a partir de datos del Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Por ejemplo, en la región del parque chaqueño, donde el proceso de degradación es notable, de un total de 459 parcelas relevadas solo 31 (el 7%) se hallaban en su estado natural mientras que el 93% restante presentaba signos de intervención antrópica (47% ganadería, 41% extracción forestal, 4% agroforestería).

Es importante aclarar que este inventario nacional es de carácter estratégico, de baja intensidad de muestreo y, por lo tanto, para la toma de amplias decisiones políticas; a nivel provincial interesan los inventarios operacionales con un muestreo de máximo detalle y destinados al aprovechamiento forestal.

De lo anteriormente citado se desprende que la demanda de información y precisión requerida, aumenta de los levantamientos estratégicos a los operacionales.

Teniendo en cuenta que los bosques nativos en definitiva son fuente de recursos para la población de un país, un indicador de utilidad puede ser la superficie de bosque nativo per cápita. En este sentido, la población de la Rca. Argentina pasó de aproximadamente 18 millones de personas en 1941 a 36 millones de personas en 2001 y la superficie de bosque nativo disminuyó constantemente. En 1940 se disponía de más de 2 ha de bosque nativo per cápita y en la actualidad este valor es inferior a 1 ha (Figura I.13).

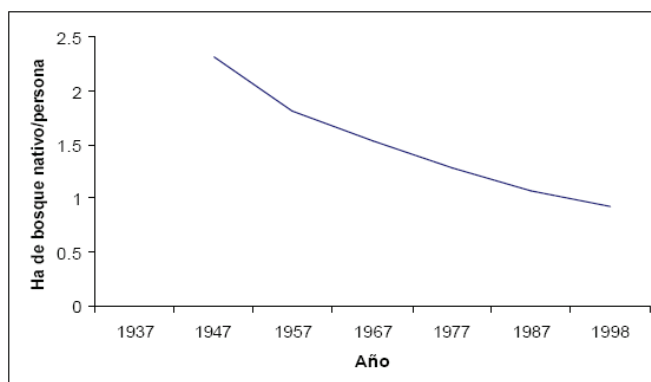


Figura I.13. Evolución de la superficie de Bosque Nativo (ha) per capita.

Fuente: UMSEF, 2003

La Rca. Argentina está enfrentando en las últimas décadas uno de los procesos de deforestación más fuerte de su historia, con el agravante de que en la actualidad el reemplazo de los bosques por la agricultura se realiza principalmente por el monocultivo de soja. Si bien está muy difundida en el país la práctica de siembra directa, se continúan utilizando técnicas de labranza que deterioran el suelo y que, en última instancia, producen desertificación. Por otro lado, las precipitaciones en las regiones donde se produce el mayor avance de la frontera agrícola constituyen un factor limitante para la agricultura, lo que sumado al potencial deterioro del suelo, aumenta la incertidumbre en cuanto a rentabilidad y sustentabilidad a largo plazo de este tipo de producciones (UMSEF, 2008).

Además, los bosques nativos de la Rca. Argentina se encuentran severamente degradados y requieren ser manejados para favorecer su recuperación y presentarse como una alternativa viable del uso del suelo frente a la agricultura. La falta de ordenamiento territorial permite que la frontera agrícola continúe avanzando sobre el bosque pese a que existen grandes extensiones de tierras aptas para agricultura subutilizadas o abandonadas. Ante la decisión de aumentar la producción agrícola del país, el sector parece estar reaccionando especialmente con la ampliación de la superficie cultivada (en parte por deforestación) en lugar de intensificar el uso de las tierras agrícolas existentes (Montenegro et al., 2004).

I.5.1.2 Los bosques nativos en la Provincia de Entre Ríos

En las últimas décadas el avance sostenido de las actividades agrícolas en Entre Ríos, cubre áreas antes ocupadas por comunidades arbóreas dando como resultado una disminución permanente de la superficie de bosques nativos.

Este proceso se ha incrementado y se ha hecho notable el avance de la frontera agrícola, especialmente para la implantación de monocultivos (Gómez et al., 2008).

Un problema común, con otros sectores relacionados con los recursos naturales, es la falta de datos confiables, exactos y actuales sobre la cantidad y localización de los recursos. A esto se suma la ausencia del monitoreo de la dinámica de los cambios que se producen. Incluso los inventarios que se realizan esporádicamente no logran ser oportunos al ofrecer los resultados, por cuanto el tiempo transcurrido desde el inicio de la actividad hasta la presentación de los resultados finales suele ser prolongado y no reflejan la situación real.

A esto se suma que las cifras sobre área ocupada con bosques nativos varían según las distintas fuentes consultadas, de tal manera que los responsables de planificar acciones y poner en práctica políticas en tal sentido, tienen dificultades e incertidumbre sobre la magnitud de los cambios que están ocurriendo.

Para la provincia de Entre Ríos se estimó, a principios del siglo XX, una superficie de 2,5 millones de hectáreas de bosques nativos incluyendo los renovales y las zonas de bosques abiertos o parques (Raña, 1904), aunque el Censo Nacional Forestal de 1915 estima una superficie forestal de casi el doble. En el Censo Nacional Agropecuario de 1937 se calcula casi un millón y medio de bosques naturales, mientras que 1941 se estimó en 1.200.000 de hectáreas la superficie de bosques naturales de esta provincia.

I.5.1.3 Problemática de los bosques en Entre Ríos

La Provincia de Entre Ríos, al igual que otras de la República Argentina, viene sufriendo desde hace mucho tiempo, severas talas de bosques nativos, y éste va siendo desplazado en su mayor parte por la agriculturización.

La situación es particularmente grave en la última década, por el avance del monocultivo de soja en zonas con suelos de aptitud marginal para una agricultura sustentable en el tiempo, tradicionalmente dedicadas a la ganadería bajo monte. Estas áreas están ubicadas mayormente en la Cuenca del Arroyo Feliciano.

El sostenido aumento de los precios internacionales de la soja acompañado por una relación cambiaria favorable a la tasa de rentabilidad del cultivo impulsaron a los agricultores a acelerar el avance de la frontera agrícola sobre áreas de bosque nativo, llevando a cabo actividades de desmonte sin contemplar, en la mayoría de los casos, las normas legales vigentes.

La autoridad provincial solo tenía reglamentada la aplicación de multas que resultaban poco onerosas frente al aumento del valor de la tierra desmontada con destino al cultivo de soja y no contaba con medios apropiados para establecer la dimensión del problema.

La acelerada eliminación de los bosques nativos ocasionó la movilización de entidades ambientalistas para intentar detener la depredación de este recurso en el territorio provincial, logrando que el Gobierno de la Provincia de Entre Ríos dicte el Decreto N° 4519, el 25 de septiembre de 2003, donde se declaraba la emergencia ambiental de la sustentabilidad ecológica, social y productiva del Bosque Nativo en la provincia de Entre Ríos, y se prohibía el desmonte a tala rasa de Bosques, Montes Nativos y Selvas en Galería en todo el territorio de la provincia, en propiedades privadas y públicas. La medida se encuadraba en lo dispuesto en los artículos 41, 42 y 124 y concordantes de la Constitución Nacional, en el Artículo 36 de la Constitución Provincial y el Decreto N° 710/95 PEN reglamentario de la Ley Nacional N° 13.273 de Defensa de la Riqueza Forestal, a la cual se halla adherida la provincia por las leyes N° 3263 y N° 3846.

Entre los considerandos de la norma legal, se mencionaba que la superficie con áreas boscosas y selvas ribereñas en Entre Ríos “ha ido disminuyendo en forma alarmante en los últimos años, a niveles que comprometen los ecosistemas que en ellos se instauran con los riesgos predecibles que suponen; que con el ritmo actual de desmonte se terminará en breve con la escasa vegetación leñosa que aún subsiste, la que a su vez está diezmada y degradada en gran parte; que en el territorio provincial viven ochenta y cinco especies de plantas exclusivas de esta provincia; que en esta misma área, convergen cuatro corrientes florísticas que la hacen particularmente importante como asiento de diversidad florística y faunística y viven dos mil especies de plantas, que constituyen el veintiuno por ciento de la flora Argentina; que existen por lo menos quinientas especies medicinales de alto valor”.

Gran número de las especies registradas pocos años atrás ya no se encuentran, contribuyendo de esta manera a engrosar la tasa mundial de extinción de plantas y animales, estimada en setenta y cuatro especies por día y veintisiete mil por año.

La fauna nativa tiene su hábitat en el bosque y en su mayoría desaparece al eliminarlo. A su vez, el Decreto creaba la Comisión de Preservación, Recomposición y Sustentabilidad del Bosque Nativo de Entre Ríos, ad-honorem, Asesora y colaboradora de la autoridad de Aplicación para diseñar, desarrollar y proponer la ejecución de un Plan de Preservación, Recomposición y Sustentabilidad del Bosque Nativo de Entre Ríos y dictar su reglamentación interna (Ecoportal, 2003).

La norma legal antes citada, instauró un precedente en materia legislativa, ya que regía para propiedades privadas y públicas. En el año 2004, después del cambio de autoridades en el gobierno provincial, y mediante el Decreto N° 1317/04, se derogó el decreto antes citado y se volvió a la legislación anterior.

En el año 2005, el Foro Ecologista de Paraná promovió la Acción de Amparo Ambiental y Acción de Ejecución contra el Superior Gobierno de la Provincia de Entre Ríos, pretendiendo se declare la inconstitucionalidad del

Decreto N° 1317/04 y se ordene al Poder Ejecutivo el mantenimiento de la emergencia ambiental del bosque nativo y la diversidad biológica. que lo conforma, y se establezca un plazo de dos años para la conformación de la Estrategia Provincial de Diversidad Biológica, a fin de que en dicho marco se elabore y apruebe un Plan de Preservación, Recomposición y Sustentabilidad del Bosque Nativo de Entre Ríos. La justicia hizo lugar a la acción de amparo y surgieron instancias de conciliación.

La Secretaría de la Producción de la Provincia fijó, mediante una resolución, el límite máximo de desmonte en 100 ha, manteniendo como reserva de biodiversidad el 25% de la superficie de los establecimientos agropecuarios bajo la forma de macizo y en un lugar que garantice la conectividad del bosque, considerando lo establecido por la FAO (1996). Sin embargo, el desmonte ha continuado con y sin autorización de las autoridades gubernamentales.

El 28 de Noviembre de 2007 se sancionó la Ley Nacional N° 26331 o de los presupuestos mínimos de protección ambiental de los bosques nativos promulgada el 29 del mismo mes y publicada el 26 de Diciembre de 2007, que faculta a las provincias; como autoridad de aplicación y control según la Constitución Nacional, a iniciar el ordenamiento territorial ambiental, planificando las zonas destinadas a actividades productivas como la agricultura y aquellas de bosques nativos que deben preservarse como reservorios de biodiversidad, protectores de cuencas, reguladores del clima y proveedores de agua, entre otros, servicios naturales irremplazables para las comunidades tradicionales, para toda la sociedad e incluso para la propia producción agrícola e industrial y para la seguridad ambiental de los centros urbanos" (Cappato, 2007).

El proyecto de la llamada "Ley de Bosques" declara la emergencia forestal y promueve una moratoria a los desmontes por 5 años o hasta tanto cada provincia desarrolle un ordenamiento territorial en sus bosques nativos, para que el territorio sea utilizado de manera racional, compatibilizando las necesidades sociales, económicas y ambientales".

Respecto a los bosques nativos, en las últimas décadas el avance sostenido de las actividades agrícolas en Entre Ríos, cubre áreas antes ocupadas por comunidades arbóreas ativas, dando como resultado una disminución permanente de la superficie de los mismos. En los últimos años este proceso se ha incrementado y se ha hecho notable el avance de la frontera agrícola, especialmente para la implantación de monocultivos (Gómez et al., 2008).

Un problema común con otros sectores relacionados con los recursos naturales, es la falta de datos confiables, exactos y actuales sobre la cantidad y localización de los recursos. A esto se suma la ausencia del monitoreo de la dinámica de los cambios que se producen. Incluso los inventarios que se realizan esporádicamente no logran ser oportunos al ofrecer los resultados, por cuanto el tiempo transcurrido desde el inicio de la actividad hasta la presentación de los resultados finales suele ser prolongado y no reflejan la situación real.

A esto se suma que las cifras sobre área ocupada con bosques nativos varían según las distintas fuentes consultadas, de tal manera que los responsables de planificar acciones y poner en práctica políticas en tal sentido, tienen dificultades e incertidumbre sobre la magnitud de los cambios que están ocurriendo.

Para la provincia de Entre Ríos se estimó, a principios del siglo XX, una superficie de 2,5 millones de hectáreas de montes naturales incluyendo los renovales y las zonas de montes abiertos o parques (Raña, 1904), aunque el Censo Nacional Forestal de 1915 estimó una superficie forestal de casi el doble. En el Censo Nacional Agropecuario de 1937 se calculó casi un millón y medio de montes naturales, mientras que 1941 se estimó en 1.200.000 hectáreas de superficie de bosques naturales en esta provincia.

El Censo Nacional Agropecuario realizado en 1947 sitúa esta cifra en cerca de un millón de hectáreas. La ex Dirección de Forestación y Bosques de la Provincia de Entre Ríos estimó en 1958 una existencia total de 774.940 de hectáreas de bosques naturales, mientras que las evaluaciones del CFI de 1963

estiman una superficie de aproximadamente 830.000 hectáreas de bosques xerófilos en el Espinal de Entre Ríos.

En 1981, Jozami estimó en 530.000 hectáreas la superficie remanentes de bosques naturales provinciales (datos tomados de Muñoz, 1999; Muzzachiodi, 2003; CFI, 1963). Finalmente, según el “Informe preliminar de la superficie ocupada por bosques nativos y selvas ribereñas en la provincia de Entre Ríos” (FCA-UNER, 2003), esta provincia contaría con 1.360.056 hectáreas de vegetación leñosa de los cuales 855.000 hectáreas corresponden a bosques nativos y el resto a vegetación ribereña.

En consecuencia, si se tienen en cuenta las evaluaciones más conservadoras, a lo largo de un siglo se han perdido tres cuartas partes de las masas forestales de esta provincia, a una tasa promedio de 16.500 hectáreas de pérdida boscosa por año. El efecto arrasador de las deforestaciones durante los conflictos bélicos se ve reflejado en el aumento de la tasa promedio a 46.000 hectáreas desmontadas por año entre los censos de 1937 y 1947, tasa que disminuye en los años sucesivos.

Según Kleinerman y Pérez (1997), en 1997 la Provincia de Entre Ríos, tenía un 33,24%, de bosques nativos sobre tierra firme, con un total de 1.995.873 ha y con una superficie de 1.648.800 hectáreas correspondientes al sector del Delta y aguas de los ríos Paraná y Uruguay y ríos interiores.

El Centro de Investigación, Observación y Monitoreo Territorial y Ambiental, a través de su proyecto “Cambio Climático y Sumideros de Carbono”, con Tutoría Científica de IBIMET- CNR, y DISAT – Universidad de Firenze, Italia, realizó un estudio sobre la ocupación del suelo en la campaña agrícola de enero-marzo de 2004. El objeto de este trabajo fue la elaboración de una carta inventario-síntesis de la ocupación del suelo. Del análisis de los resultados que arrojó este trabajo, comparados con los del Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos (Préstamo BIRF 4085 AR) de la Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la República Argentina realizado en

diciembre de 2002, surge que para provincias como Entre Ríos, la deforestación alcanza al 42,7% de los bosques nativos (CIOMTA, 2002).

La eliminación drástica de la flora nativa para realizar monocultivos constituye una práctica extremadamente perjudicial desde los puntos de vista fitosanitarios, sociales y otros servicios, puesto que producen daños catastróficos debido a la erosión del suelo, a la pérdida de fertilidad del mismo y a la contaminación con agroquímicos.

II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS DEL TRABAJO

II.1 Objetivo General

Generación de una metodología para la Gestión Integrada de los recursos hídricos y naturales en la Cuenca del Arroyo Feliciano, provincia de Entre Ríos de la República Argentina.

II.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar el aspecto físico de la cuenca del Arroyo Feliciano, describir clima, geología, geomorfología, vegetación, sus suelos y usos, calidades de las aguas superficiales y subterráneas.
- Plantear el balance hídrico, confeccionando un Sistema de Información basado en el mapeo de las variables de relevancia hidrológica, bajo el formato de un Sistema de Información Geográfica (SIG), que permita establecer la plataforma para la toma de decisión de políticas de los recursos hídricos y naturales.
- Elaborar cartografía temática de base que permita en un futuro la interpretación de modificaciones que se desarrollen en el ámbito de la cuenca del Arroyo Feliciano.
- Definir criterios de manejo sustentable de los recursos hídricos y naturales identificando acciones que puedan ser llevadas a políticas de gestión favorables al incremento de la producción agropecuaria en el marco de la sustentabilidad ambiental.
- Determinar la calidad físico-química y bacteriológica de las aguas destinadas al consumo humano y productivo de la Cuenca del Arroyo Feliciano.
- Evaluar el agua virtual de origen agropecuario de exportación como un indicador de la cuenca en la gestión integrada de los recursos hídricos.

- Establecer las posibles acciones a desarrollar en el ámbito de la cuenca para disminuir el avance del deterioro ambiental que permitan a sus gestores y usuarios mejorar la gestión de los recursos hídricos y naturales.
- Generar una metodología que, consolidada, permitirá la extensión y extrapolación de la misma a otras cuencas a nivel provincial y regional, afectadas por presiones ambientales similares.
-

II. 3 Hipótesis de trabajo

Es posible elaborar una metodología para la gestión integrada y manejo sostenible de los recursos hídricos y naturales a nivel de la Cuenca del Arroyo Feliciano, que asimismo demuestre que el avance de la agricultura extensiva se ha basado en la ocupación de los espacios naturales antes ocupado por bosques nativos, y en el impacto sobre los recursos hídricos y naturales de la cuenca.

III. ÁREA DE ESTUDIO DE LA CUENCA DEL ARROYO FELICIANO

III. 1 Descripción general. Historia del Feliciano

No existen datos o documentación concreta que señale la fecha exacta de creación de la actual ciudad de San José de Feliciano. Se plantea 1823 como fecha probable durante la gestión del Gobernador Lucio Mansilla. En 1825 fue Capital Departamental de la zona Norte (del departamento subalterno 1° del Principal 1°). Allí residían (por Ley) el Comandante Militar y el Alcalde de la Hermandad con jurisdicción sobre el actual territorio de La Paz. Luego esta situación se revierte y la zona de Feliciano pasa a depender de La Paz (en 1849; abarcando esta nueva zona administrativa desde el Arroyo Hernandarias hasta el Arroyo Guayquiraró). Finalmente, en 1897 se crea el actual Departamento San José de Feliciano.

Cesar Blas Pérez Colman dice: “Durante el Gobierno de Mansilla se estableció una Jefatura militar en Feliciano, donde ya existía una capilla sufragánea de la Parroquia del Rosario del Paraná. Considerado el sitio como propicio para organizar un pueblo, se tendieron algunas iniciativas complementarias como la Creación de una Receptoría de Rentas y un Juzgado de Paz... Años más tarde (Gobierno de León Sola) un mejor estudio de la región y las nuevas condiciones derivadas del incremento de la navegación mercante del río Paraná modificó el concepto gubernativo en relación a las nuevas necesidades. La explotación de los montes regionales requiere la habilitación de un puerto fluvial de fácil acceso para las carretas provenientes del interior... (fue así que) los funcionarios se inclinaron por el puerto natural situado en la confluencia del Cabayú Cuatía con el Paraná.”

El Comandante Antonio Exequiel Berón escribe (desde La Paz) un informe al Gobernador Crespo en noviembre de 1849; afirma la fundación de Feliciano en 1823 y la necesaria revisión del proyecto gubernativo que había señalado a Feliciano como cabeza administrativa. Se entiende, con lo expuesto

antes, que no es necesaria la fundación del Estado para que el pueblo exista. Este es el caso (entre muchos) de La Paz, Paraná, Victoria y Feliciano. Antes de 1823 existía un caserío y una capilla en Feliciano, había movimiento de “gentes” que se referenciaban con el lugar. Recordemos que el conquistador Juan de Garay llamó también a esta zona “la Banda de los Charrúas” en alusión al poblamiento indígena que obstaculizaba la expansión blanca por estos lares. A fines del siglo XVI, Juan de Garay cruza el Paraná desde Santa Fe y asigna a sus compañeros de conquista grandes cantidades de tierras desde la zona del Arroyo Hernandarias y Feliciano hacia arriba: Antón Martín, Feliciano Rodríguez, Antonio Tomás, Pedro Alcaraz, Fernando Osuna, Pedro de Espinosa, Diego Ramírez, Pedro Ruíz de Villegas, Diego Bañuelos y Blas Venecia (entre otros) son algunos de los que pueblan la zona noroeste de “la Banda de los Charrúas”; los que insertan el ganado vacuno, caballar y lanar, naciendo de esta forma estancias, poblamiento de europeos y riqueza pecuaria (ganado domesticado y cimarrón).

Entonces su nombre recuerda a Don Feliciano Rodríguez, acompañante de Don Juan de Garay en la fundación de Santa Fe y propietario de tierras a orillas de este Arroyo. Las costas del curso inferior estuvieron pobladas por indios del grupo de Chanás, los Caletones, y por esta razón, los primeros exploradores españoles llamaron río Caletones a este curso de agua (Chemin y Gabas, 1992).

En el siglo XVII, los Jesuitas son propietarios de la zona norte de Entre Ríos (desde el Feliciano hacia arriba). Los herederos de Rodríguez, Osuna, González y Ramírez, cansados por los ataques de los Charrúas, venden o donan sus campos a la Compañía de Jesús. “La acción de los Jesuitas se limita a la organización de estancias pecuarias. No forman pueblos misioneros”. A mediados del siglo XVIII, el Rey les otorga permiso para faenar ganado cimarrón en Entre Ríos. Luego de la expulsión de los Jesuitas (fines del siglo XVIII) estas tierras son adquiridas a la “Junta de Temporalidades” por Juan Ventura Denis y Francisco Antonio Candiotti (entre otros) que se convierten en grandes terratenientes –este último, designó unas 100 leguas cuadradas de su estancia a la crianza de vacas, caballos y mulas; eran famosos los arreos de mulas de Candiotti

hacia Salta, Alto Perú y Perú. En el siglo XIX, son enajenadas o donadas por el Gobierno de Entre Ríos a los descendientes de los primitivos poseedores y a nuevos pobladores. Es así que los nuevos dueños comienzan a vender parcelas de tierra. Si observamos la carrera de postas utilizada en Entre Ríos entre 1772 y 1820, vemos que San José de Feliciano estaba excluido de esta red ya que desde Paraná salía una ruta hacia Yeruá (camino a Yapeyú) y otra para el Norte (pasando por Alcaraz hacia Corrientes).

El siglo XIX demandó a Entre Ríos la exportación de materia prima y la imposición de elementos manufacturados para la vida cotidiana. Feliciano no escapó a la regla general y exportó estacones de ñandubay y algarrobo, palma, leña y carbón; también, grasa, cerda y asta.

San José de Feliciano es un pueblo mediterráneo; una idea de su posición geográfica e histórica la puede dar la actual conexión con otros núcleos urbanos. Las ciudades más cercanas son: San Jaime de la Frontera en el departamento Federación, Federal en el Departamento Federal y Sauce al sur de Corrientes (cruzando el Río Guayquiraró). Todas las rutas son caminos consolidados o de tierra, sin pavimentar. La única ruta pavimentada une a San José de Feliciano con la ciudad de La Paz. Hay pueblos o caseríos que encontramos en su jurisdicción: La Esmeralda, paraje La Libertad, Palo a pique, Las Mulitas, San Víctor (entre otros). Aunque la población de Feliciano trabaja principalmente en la zona rural vive en zonas urbanizadas: en el censo de 1991, 8.700 personas habitaban zonas urbanas y 3.800 personas zonas rurales. En los últimos años, en los departamentos de La Paz, Federal y Feliciano, se da lo que científicos sociales llaman “emigración forzosa” o “expulsión poblacional encubierta” a partir del reacomodamiento económico y social de la región y las sucesivas desapariciones del Estado respecto a cubrir (o promocionar) las necesidades básicas del ciudadano: educación, salud, trabajo, vivienda, transporte, comunicaciones. El departamento ha generado en los últimos censos los mayores índices de pobreza de la provincia: el 60% de las viviendas no tienen electricidad, el 61% no tiene agua de red y 62% no tiene retrete con descarga de agua.

El profesor José Antonio Almará escribe: “La población inicial se expandió lenta y tardíamente respecto a otros núcleos por cuestiones geográficas y humanas: posición mediterránea, montes impenetrables, grandes distancias a otros centros poblados... invasiones continuas desde la zona correntina, indeterminación de límites fronterizos.” Para Almará, la zona de Feliciano se estabiliza en el año 1850. El Municipio de San José de Feliciano se crea el 15 de enero de 1873.

III.2 Ubicación geográfica de la Rca. Argentina, provincia de Entre Ríos y Cuenca del Arroyo Feliciano

La Cuenca del Arroyo Feliciano se encuentra dentro de la República Argentina, situada en el extremo Sur del continente americano. Al Norte limita con las Repúblicas de Bolivia, Paraguay y Brasil; al Este con Brasil, Uruguay y el Océano Atlántico; al Sur con Chile y el Océano Atlántico; y al Oeste con Chile. Sus puntos extremos se ubican: al Norte, en la confluencia de los ríos Grande de San Juan y Mojinete en la provincia de Jujuy, a los 21°46'50" de Lat sur, 66°13'10" de Long oeste; al Sur, en el cabo San Pío en la provincia de Tierra del Fuego, a los 55°03'00" de Lat sur y 66°13'00" de Long oeste; al Oeste, en el extremo meridional del cordón Mariano Moreno en el Parque Nacional Los Glaciares, en la provincia de Santa Cruz, a los 50°01'00" de Lat sur y 73°34'00" de Long oeste; y al Este, en el punto al noreste de Bernardo de Irigoyen en la provincia de Misiones, a los 26°15'15" de Lat sur y a los 53°38'32" de Long oeste.

La República Argentina ocupa la mayor parte de la porción meridional del continente sudamericano y tiene una forma aproximadamente triangular, con la base en el Norte y el vértice en el punto Sur del continente. El territorio comprende, asimismo, la mitad oriental de la Isla Grande de Tierra del Fuego y una serie de islas adyacentes, entre ellas la Isla de los Estados. La provincia de Tierra del Fuego comprende los archipiélagos de las Islas Malvinas, Georgias del Sur y Sándwich del Sur, y el Sector Antártico argentino. Este último corresponde a la sección del continente antártico delimitado por los meridianos 25° O y 74° O,

el paralelo 60° y el Polo Sur. Las Islas Malvinas tienen una superficie de 11.410 km², las Islas Georgias del Sur 3.560 km² y las Sándwich del Sur 307 km². La superficie total continental e insular es de 3.761.274 km². La costa marítima continental se extiende 2.664 km sobre el Océano Atlántico (del Castillo, 2009).

La provincia de Entre Ríos, ocupa el tercio inferior de la Mesopotamia, encerrada por dos de los ríos americanos más caudalosos: el río Paraná al oeste y el Uruguay al este. Se encuentra ubicada dentro de los climas de dominio atlántico, que se diferencian por la existencia de un gradiente térmico que acusa las variaciones latitudinales de la radiación solar, combinada con marcadas diferencias hídricas.

La cuenca del Arroyo Feliciano se ubica geográficamente en el NO de la provincia de Entre Ríos; su área elongada es en sentido noreste-sudoeste. Posee una superficie de 8203,62 km²; nace en cota IGM 80 m.s.n.m., desembocando en el río Paraná en cota 20 m.s.n.m. Tiene una gran capacidad de avenamiento (0,51 km³/km²), resultado de suelos pesados y precipitaciones anuales por encima de los 1100 mm (Duarte et al., 2005).

El área correspondiente a la cuenca del Arroyo Feliciano abarca territorio de cuatro departamentos provinciales: La Paz, Feliciano, Federal y Federación con una superficie total de 819.876.54 ha (Figura III.1).

En la Tabla III.1 se observa que el departamento que aporta el área más significativa es La Paz con el 50,01%; luego se ubica Federal con el 27,94%, y Feliciano con el 21,71%.

Tabla III.1. Superficie de la Cuenca del Arroyo Feliciano

DEPARTAMENTOS	ÁREA	PERÍMETRO	ÁREA_HA	%
PARANÁ	4.110.948,58	20.213,75	411,10	0,05
LA PAZ	4.100.418.168,59	419.469,28	410.041,82	50,01
FEDERAL	2.290.586.508,01	318.800,96	229.058,65	27,94
FELICIANO	1.779.607.725,37	237.294,61	177.960,77	21,71
FEDERACIÓN	24.042.001,06	50.999,12	2.404,20	0,29
Total Cuenca	8.198.765.351,61		819.876,54	

Fuente: Datos modelo digital de Terreno de la Cuenca del Feliciano. Misión SRTM NASA

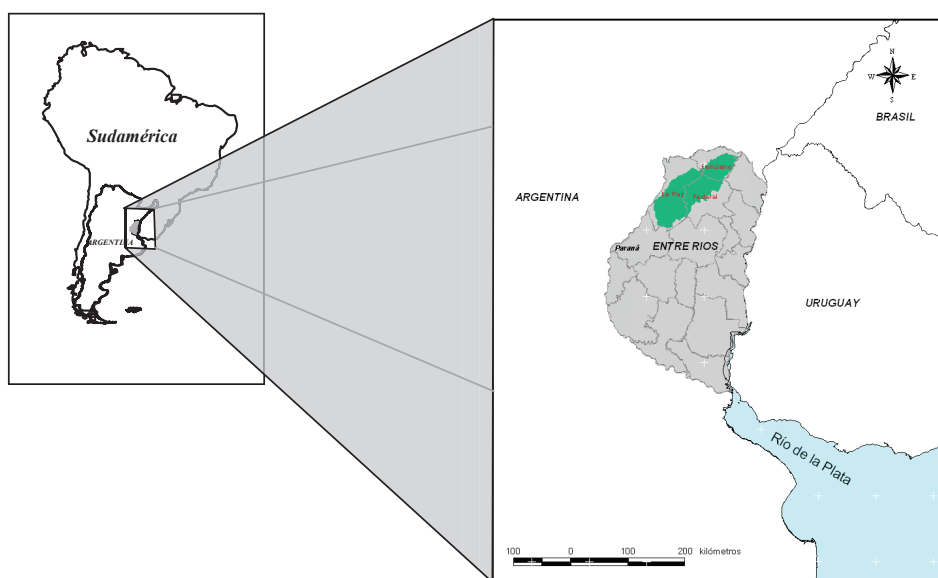


Figura III.1. Ubicación geográfica de la cuenca del Arroyo Feliciano.

III.3 Aspectos Climáticos

La caracterización climática fue realizada en base al “Informe Climático de la Provincia de Entre Ríos”, elaborado por Rojas y Saluso (1987), y datos de estaciones climáticas de la zona en estudio recopilados por la Dirección de

Hidráulica de Entre Ríos, utilizando datos históricos diarios. Luego de recopilados los datos, se unificaron para darles tratamiento sistemático con el objetivo de organizarlos y transformarlos en gráficos para una mejor visualización. La serie de datos con la que se trabajó, consta de larga data (la mayor encontrada para la región), con el objetivo de lograr un trabajo con información consistente y actualizada.

Para percibir los cambios de las variables meteorológicas se realizó un análisis estadístico para apreciar el comportamiento medio normal, las variaciones y sus tendencias, tales como valores normales anuales, mensuales y estacionales, eventos máximos y mínimos, entre otros.

III.3.1 El clima

La provincia de Entre Ríos presenta un clima húmedo de llanura. Su posición geográfica intermedia entre el ecuador y el polo hace que las temperaturas promedios se ubiquen en el rango de templadas, entre 17°C al sur y 20°C hacia el norte de la provincia, con un régimen regular de precipitaciones durante todo el año. Temperaturas del mes más frío, entre 0°C y 18°C, y del mes más cálido con promedios superiores a los 22°C. Según la clasificación de Blair es húmedo por presentar promedios de lluvias entre 1000 y 2000 mm. En cualquier estación del año o mes puede presentarse sequía o exceso de precipitaciones, por lo tanto le corresponde también la clasificación de clima Isohigro (Secretaría de Minería de la Nación).

Según Rojas y Saluso (1987), la provincia de Entre Ríos se encuentra ubicada dentro de los climas de dominio atlántico, y se divide en dos regiones climáticas: una pequeña franja al Norte de la provincia que corresponde al clima subtropical húmedo de llanura y otra que cubre el resto de su territorio y corresponde al clima templado húmedo de llanura (Figura III.2).

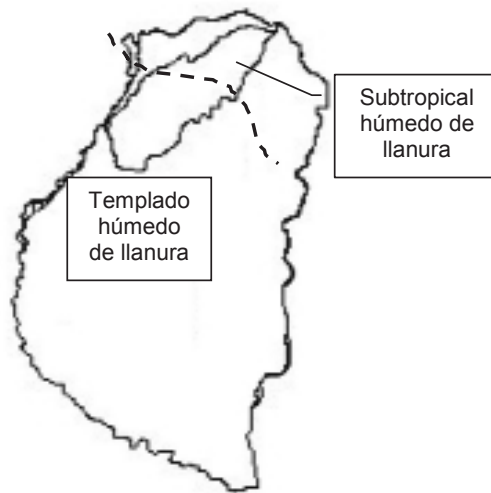


Figura III.2. Regiones climáticas de Entre Ríos.

Fuente: Rojas y Saluso, modif.

Esto obedece a la convergencia periódica de distintas masas de aire. Una, tropical cálida y húmeda, proviene del anticiclón permanente del Atlántico Sur ingresa como viento del noreste, recrudeciendo en el verano por el desplazamiento hacia el sur del anticiclón y por la atracción ejercida en esa estación por la depresión continental noroeste que estimula su ingreso hasta el centro del continente. Por su condición de aire marítimo es el causante del mayor monto de lluvias. Otras masas de aire frío son de origen continental (suroeste) o marítimo (sudestada) y también polar (Rojas y Saluso, 1987.).

Su predominio alternado, su frecuencia estacional, sus sucesivas transformaciones y el intercambio meridiano de aire tropical y polar, explican la diferenciación dinámica y gradual del clima (Rojas y Saluso, 1987).

La región de clima subtropical húmedo de llanura se caracteriza por inviernos suaves. La amplitud térmica no excede los 13°C y el alto grado de humedad del aire reduce su oscilación diaria. La influencia constante de los vientos del noreste influye en las abundantes lluvias, con medias de 1200 mm (Rojas y Saluso, 1987). Estas altas precipitaciones obedecen a la convergencia periódica de distintas masas de aire: una que ingresa como vientos del Noreste,

mayor en verano por el desplazamiento hacia el sur del anticiclón del Atlántico Sur, y otras de origen continental (S.O.) o marítimo (S.O.) o polar (INTA, 1990).

La región de clima templado húmedo de llanura se caracteriza por su condición de planicie abierta, sin restricciones a la influencia de los vientos húmedos del noreste, al accionar de los vientos secos y refrigerantes del suroeste (causantes de los cambios repentinos en el estado del tiempo), y a los vientos del sureste (aire frío saturado de humedad, que da lugar a semanas enteras de cielo cubierto, lluvias y temperaturas muy estables). Este clima, caracterizado por su suavidad y ausencia de situaciones extremas, es el de mayor aptitud para el cultivo de secano de cereales y forrajeras, y para la cría de ganado (Rojas y Saluso, 1987).

III. 3.1.1 Vientos

A lo largo del año predominan vientos del NE. En verano y primavera tienen mayor incidencia los vientos N, NE, E y SE, y el aumento en otoño e invierno de los vientos S y SO (pero sin ser predominantes).

En lo que respecta a la velocidad, las mayores intensidades se registran en los meses de septiembre y octubre, mientras que a abril le corresponden las menores. En general toda el área se caracteriza por poseer un régimen de vientos con intensidades de suaves a leves, lo que se evidencia en los promedios diarios mensuales que oscilan entre 10 y 12 km/h.

III. 3.1.2 Temperatura

La temperatura media anual decrece conforme al aumento de la latitud (Figura III.3).

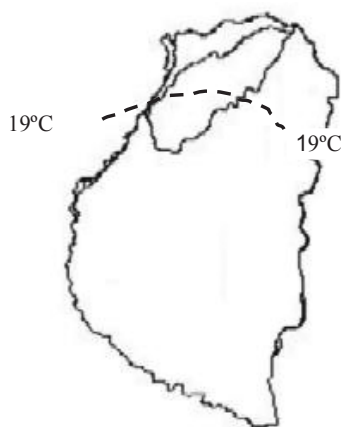


Figura III.3. Temperatura media anual en °C.

Fuente: Rojas y Saluso, modif.

Se organizaron las series de temperatura diaria correspondientes a los últimos 20 años de la estación meteorológica de Feliciano (1986- Agosto de 2006) para el análisis de la marcha anual de dicha variable. La temperatura media anual fue de 19,1°C, siendo el mes más cálido Enero con 25,4°C y el mes más frío Julio con 12,7°C; la baja amplitud térmica media anual de 12,7°C hace que el descanso invernal no sea muy prolongado (Figura III.4).

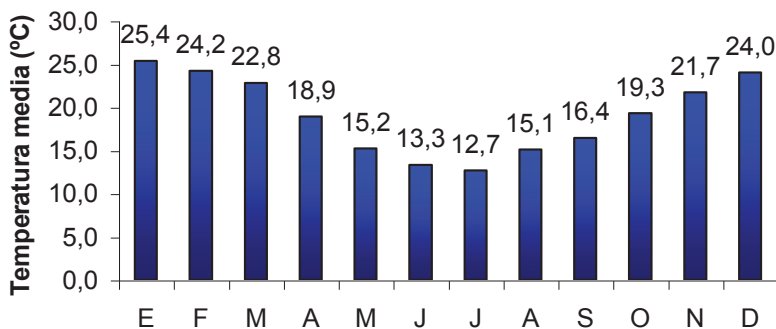


Figura III.4. Temperatura media mensual en °C en San José de Feliciano.

Para analizar los períodos de temperaturas sobresalientes, se tuvo en cuenta del año 1986 hasta el 2005, ya que la serie de 2006 no estaba completa al momento de realización. Los años más cálidos para la serie fueron 1989 y 1997, ambos con una media anual de 19,8°C, y el más frío 1986 con 18,4°C.

Es importante conocer los valores medios y extremos, por su influencia sobre la actividad agropecuaria. Las bajas temperaturas producen un efecto perjudicial sobre los tejidos vegetales, produciendo su muerte. Las altas temperaturas, además de afectar a los cultivos, también inciden sobre el bienestar del ganado y el confort del hombre.

Según CIOMTA (2005), el rango para las temperaturas máximas absolutas en la región se encontraría entre 38 y 42°C, aumentando las mismas hacia el norte de la cuenca; mientras que las temperaturas normales medias máximas serían entre 23 y 25°C, siguiendo el mismo patrón progresivo al disminuir la latitud.

III. 3.1.3 Heladas

En la provincia el perjuicio es mínimo y siempre en áreas muy reducidas, sobre todo asociadas al relieve, ya que debido a la suavidad de los inviernos las heladas no son muy significativas, registrándose como récord absoluto una mínima de -8°C (Rojas y Saluso, 1987).

Las fechas probables de la primera helada y la última para la región pueden observarse en la siguiente (Tabla III.2).

Tabla III.2. Fechas medias de primera y última helada

Localidad	Fecha media de 1ª helada	Fecha media de última helada
Las Garzas	01/07	15/07
Colonia Avigdor	01/07	01/08
Paraje Quebracho	11/07	15/07
Sauce de Luna	01/07	11/08
El Cimarrón	21/06	21/08
Las Delicias	21/06	21/08
El Solar	01/07	15/07
San Gustavo	11/07	01/08
S.J. Feliciano	11/07	11/08

(Fuente: Rojas y Saluso, 1987 modif.)

El régimen de temperaturas mínimas perjudiciales para la mayor parte de los cultivos, es comúnmente conocido como Riesgo de Heladas y considera los días en los cuales la temperatura mínima está por debajo de 0°C. Por los daños

económicos que producen las heladas a los cultivos es imprescindible el análisis de riesgo de heladas, cuya probabilidad sería de 0 a 10 días al año con temperaturas por debajo de 0°C para la región centro – norte de la provincia de Entre Ríos (CIOMTA, 2005).

III. 3.1.4 Humedad relativa

La humedad ambiente es importante porque:

- regula la desecación de los suelos.
- influye en el grado de transpiración de las plantas.
- determina la aparición de plagas.
- asociado a la temperatura determina el confort ambiental humano.

La media diaria anual de humedad relativa para la provincia supera el umbral de 60% en toda su extensión, valor que se incrementa de norte a sur. En términos generales, de noviembre a febrero inclusive, los promedios diarios mensuales se ubican entre el 60 y 70%, y en junio y julio las medias mensuales más elevadas superiores a 80% (período 1951-60). El efecto combinado de la temperatura, el viento y la humedad relativa influye en la evapotranspiración, que es uno de los datos necesarios para el planeamiento del manejo del agua (Rojas y Saluso, op.cit.).

III. 3.1.5 Precipitaciones

La aptitud agrícola y ganadera de un lugar depende no sólo de la cantidad anual de lluvias sino también de las épocas del año en que normalmente ellas ocurren. Por ello, si se desea caracterizar un clima desde el punto de vista hídrico debe considerarse no sólo la lluvia anual sino también cómo se distribuye la misma durante el curso del año (CIOMTA, 2005). Las precipitaciones anuales crecen de Suroeste a Noreste, ya que en el sur-oeste de la cuenca (departamento de La Paz) el rango es entre 1201 y 1300 mm anuales. Hacia el centro- norte (departamentos de Federal y Feliciano) sería de 1301 a 1400 mm, y al noroeste de la cuenca, en la cabecera del Arroyo Feliciano, hay valores superiores a 1400

mm anuales. Según INTA (1986), este patrón se debe a la influencia del ciclón del Atlántico Sur, por ello, la parte norte de la provincia es la que recibe las lluvias más abundantes. (Figura III.5)

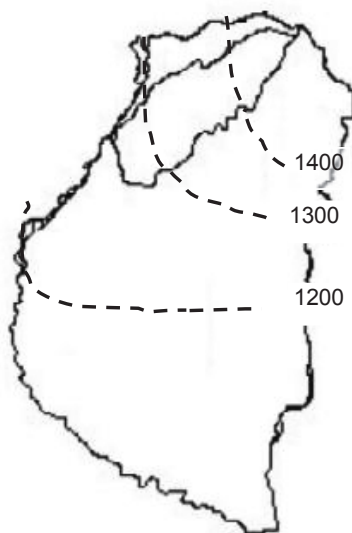


Figura III.5. Precipitaciones normales anuales. Período de análisis 1971 – 2003.

Fuente: CIOMTA, 2005 modif.

Trabajando con datos provistos por Dirección de Hidráulica, de 25 estaciones pluviométricas que se localizan dentro de la cuenca, se pudieron calcular valores medios contando con una serie mayor de datos (para algunas de las estaciones), pero con el inconveniente de la falta de muchos datos dentro de la serie.

Las precipitaciones normales anuales, para toda el área de la cuenca, arrojaron un valor de 1086,1 mm. Los años más lluviosos resultaron ser 2002 (1726,5 mm), 1978 (1617,5 mm), y 1998 (1548,1 mm); mientras que los años de mayor sequía fueron 1962 (564,7 mm), y 1952 (615 mm).

Analizando los datos de los últimos 20 años (1986 – 2005), se determinó la probabilidad de abundancias de lluvias anuales (Tabla III.3).

Tabla III.3. Probabilidad de abundancia de precipitaciones

Precipitaciones anuales	Cantidad 1986 -2005	Probabilidad
800-1000	5	2,5 de cada 10 años
1001-1200	4	2 de cada 10 años
1201-1400	6	3 de cada 10 años
1401-1600	4	2 de cada 10 años
> 1600	1	0,5 de cada 10 años

Días de lluvia al año. En general suele llover entre 90 y 100 días al año en el área en estudio, salvo en una delgada franja al oeste, en que la probabilidad es de 80 a 90 días (datos de CIOMTA, op.cit.), siguiendo la tendencia a disminuir el número de días de lluvias anual, en dirección Noreste – Soroeste.

Análisis estacional. La distribución de las precipitaciones medias mensuales se puede apreciar en la Figura III.6.

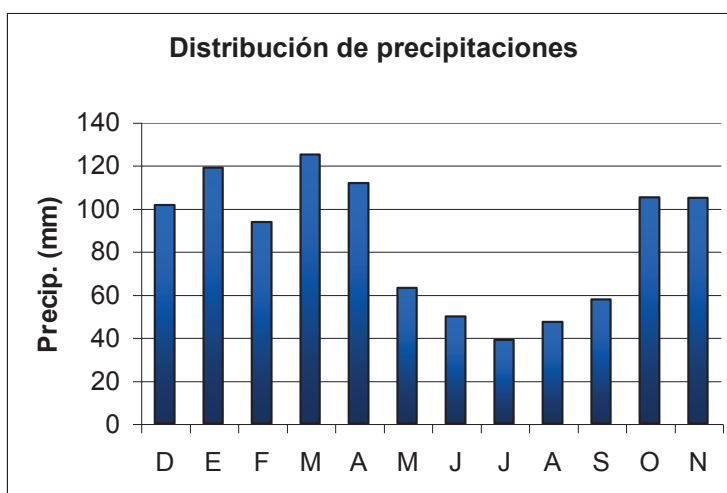


Figura III.6. Distribución de las precipitaciones mensuales promedio

Las mayores precipitaciones son las de los meses de Marzo, Enero y Abril; y la menor la del mes de Julio.

Es importante destacar que el 74,8% de las precipitaciones anuales ocurren desde el mes de octubre hasta abril (inclusive).

En la distribución estacional de las precipitaciones se tomará a los meses de diciembre, enero y febrero como Verano; marzo, abril y mayo como Otoño; junio, julio y agosto como Invierno; septiembre, octubre y noviembre como primavera. (Figura III. 7).

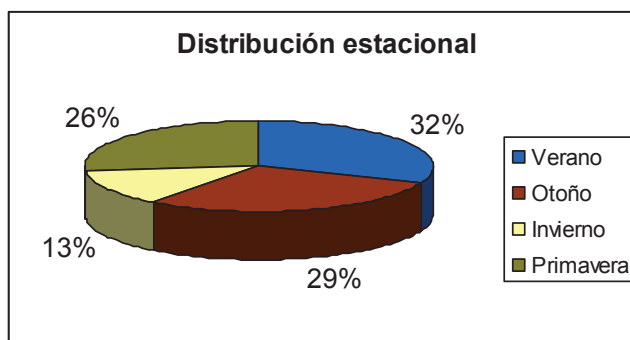


Figura III.7. Distribución estacional de las precipitaciones.

III. 4 Marco Geológico Regional

El río Paraná apareció en la llanura argentina en el Plioceno y fluye desde entonces por la misma, a lo largo de un lineamiento tectónico en dirección N-S. Las evidencias indican que su tendencia permanente ha sido el desarrollo de fajas fluviales limitadas por fracturas. Sus depósitos se conocen bajo la denominación de Formación Ituzaingó. Se trata de arenas cuarzosas finas, de color ocre y blanco intercaladas con limos, que yacen sobre materiales más antiguos existentes en el área que son las arenas, limos arenosos y arcillas grises y verdes (Figura III.8) depositadas en un ambiente marino durante el terciario (Cenozoico), que han sido agrupados bajo el nombre de Formación Paraná (Bedendo y Vesco, 1991).

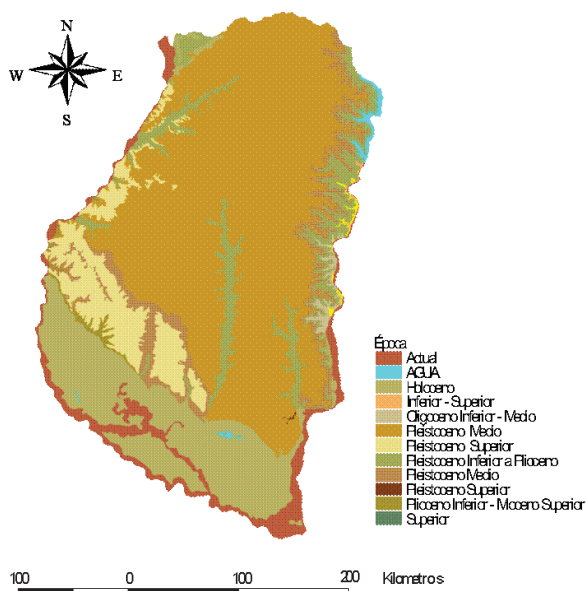


Figura III. 8. Épocas Geológicas.

La serie estratigráfica de sedimentos cuaternarios, en los que se originaron la gran mayoría de los suelos de la provincia, se inicia con los bancos de tosca y caliza blanca pulverulenta de la Formación Alvear. Estos bancos, fueron diagenizados por la influencia de procesos epigenéticos que causaron una precipitación muy importante de carbonato de calcio en ambiente palustre-lacustre en un paleoclima marcadamente seco, a partir del cual comenzaron las alternancias climáticas propias del Pleistoceno. Esta formación es el sostén de formaciones posteriores en las cuales se han desarrollado los suelos actuales.

El segundo y más extensivo componente de la estratigrafía del Cuaternario está dado por los espesos sedimentos de la Formación Hernandarias, que constituye el material originario de los suelos Vertisoles, Alfisoles y algunos Molisoles de Entre Ríos. Estos “limos calcáreos” en determinados puntos de la provincia alcanzan espesores de más de 70 m. La secuencia estratigráfica cuaternaria culmina con el paquete loessico de la Formación Tezanos Pintos en el cual se han desarrollado la mayoría de los suelos más fértiles y aptos para la agricultura de la provincia, que son los Molisoles. Se trata de sedimentos limosos, homogéneos, de color castaño y con concreciones pequeñas de

carbonato de calcio, que constituyen los materiales típicos del Cuaternario de la llanura pampeana en la provincia de Entre Ríos. Se extiende al suroeste, entre la llanura aluvial del Paraná y el Arroyo Nogoyá, cubriendo el relieve en forma de manto de 2 a 3 m de espesor. Hacia el este ha sido parcialmente erodada, presentándose solamente en las partes más altas del relieve, hasta cerca del río Gualaguay. Desde la ciudad de Paraná, hacia el norte aparece como una capa de 1 a 1,5 metros de espesor, cubriendo una faja de 5 a 10 km de ancho hasta la cercanía de la ciudad de La Paz (Figura III.9).

Al producirse una reactivación e incisión de las redes fluviales, parcial o totalmente cargadas por sedimentos eólicos y palustres del Pleistoceno, se originó el relleno aluvial de los ríos y Arroyos afluentes del río Paraná, con materiales muy heterogéneos de la Formación La Picada, constituyéndose las terrazas bajas y planos aluviales modernos de los principales Arroyos, donde se retribajan materiales terciarios arenosos de la Formación Ituzaingó (Bedendo y Vesco, 1991).

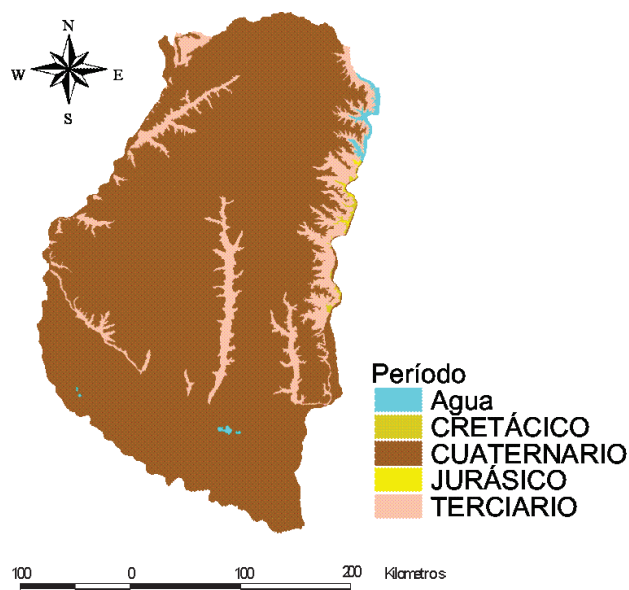


Figura III. 9. Periodos Geológicos.

Iriondo (1980) sugiere una síntesis del esquema evolutivo del Cuaternario en la provincia de Entre Ríos, que es básicamente climático. Durante el Pleistoceno inferior, los grandes y caudalosos ríos Paraná y Uruguay depositaron las Formaciones Ituaingó y Salto Chico, de características arenosas y con decenas de metros de espesor. Estos materiales actualmente afloran en muy escasos sectores de la Provincia.

Después de una época intermedia cálida y húmeda, se estableció un clima probablemente semiárido de características típicamente pampeanas, con sedimentación eólica importante en el suroeste y menor influencia en el noreste, con cuencas cerradas lacustres o palustres (Formación Alvear). Este ambiente evolucionó hacia la aridez, apareciendo sedimentos yesíferos en el Pleistoceno superior dando lugar a la denominada Formación Hernandarias, que aflora en gran parte del territorio de la provincia, cubriendo a formaciones de distintas edades, con arcillas limosas rojizas muy plásticas, de tipo montmorilloníticas.

Posteriormente se produjo una erosión generalizada, formándose la red fluvial actual en un clima húmedo y hacia el fin del Pleistoceno ocurrió otro período semiárido con sedimentación de loess cuando se depositó la Formación Tezanos Pintos. Durante los últimos miles de años, tuvo lugar el relleno aluvial de los valles (Formación La Picada), seguido por un último clima árido que dio origen a las llamadas arenas eólicas asociadas al río Uruguay. Esta unidad está formada por arenas cuarzosas finas de color amarillo y pardo que aparece en forma de una faja discontinua de pocos kilómetros de ancho en el borde oriental de la provincia. El establecimiento de las condiciones actuales, ocurridas probablemente entre el 900 y 1.200 de nuestra era, trajo como resultado el aterrazamiento de la Formación La Picada (Figura III.10).

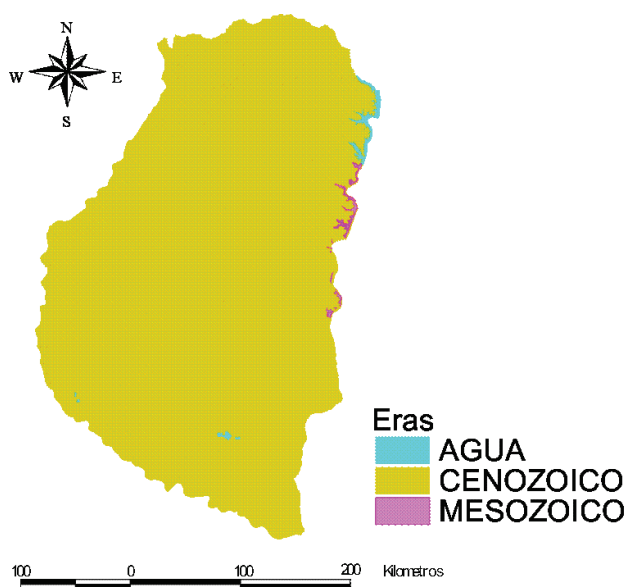


Figura III. 10. Eras Geológicas.

Según el predominio del proceso eólico/fluvial o fluvial/marino, como principal responsable del modelado del paisaje, la provincia puede dividirse en dos grandes ambientes. El ambiente que ocupa la mayor superficie es el continental, en donde predomina el paquete sedimentario pampeano, principalmente los limos calcáreos arcillosos de la Formación Hernandarias y los materiales limo-loesoides depositados por la acción eólica por encima de éstos. El paisaje fisiográfico más extenso es el de una superficie estructural denominada “peniplanicie”, entendiéndose por tal una “casi planicie, con relieve suavemente ondulado a plano, antiguamente elevado que fue modelado por procesos morfogenéticos, presumiblemente durante el último estadio de un ciclo geomorfológico desarrollado en clima húmedo” (Calmels y Carballo, 1991).

Esta peniplanicie suavemente ondulada a ondulada, ha estado sujeta a un proceso de disección y erosión que ha dado lugar a la colmatación de las pendientes más bajas y pie de lomas de los valles más amplios con el relleno de material coluvial y a la sedimentación y depositación de materiales aluviales en el curso de los principales ríos y arroyos de la provincia (Bedendo, 2005). En el sector este de la provincia se encuentran las llamadas terrazas del río Uruguay,

que se han formado a partir del desplazamiento del río en edad Terciaria, cuando poseía una mayor dinámica que en la actualidad. Estas antiguas terrazas han sido sometidas a procesos de erosión geológica, donde han perdido las formas escalonadas, conformando el paisaje ondulado actual, con pendientes entre 4-6% (Figura III.11).

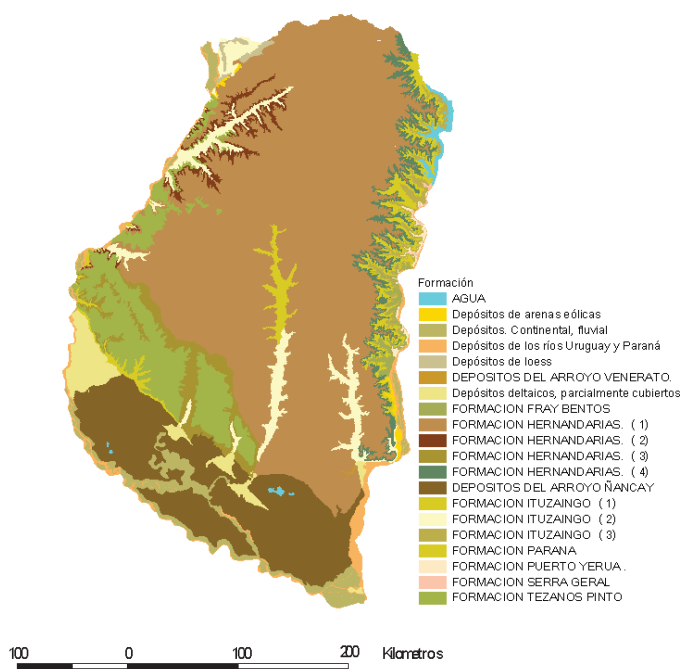


Figura III.11. Formaciones Geológicas de Entre Ríos.

III.4.1 Marco Geológico de la Cuenca

El Feliciano es posterior a la Formación Hernandarias, por lo que se deduce que su aparición y desarrollo datan del Pleistoceno Superior (Iriondo et al., 1985).

La columna estratigráfica está integrada por las formaciones inferiores no aflorantes en el área de estudio, el basamento Cristalino, constituido por rocas plutónicas, metamórficas y migmatitas de edad Precámbrica, aflorantes en las Sierras Pampeanas y en la Isla Martín García y en la República Oriental del

Uruguay. En Entre Ríos se lo ha perforado a una profundidad de 500 metros en la ciudad de Gualeguay.

El Cristalino y el Paleozoico son basales, y sobre estos se ha formado el Mesozoico, expresado como serie “Sao Bento”. En esta región del continente Gondwana, han sedimentado conglomerados rojos y areniscas. En la parte superior de éstas hay inclusiones extendidas de cubiertas basálticas y melafíricas, que pueden significar precursores del vulcanismo de la media loma atlántica. Estos escudos aparecen en regiones extendidas del este de la cuenca de los ríos Paraná y Uruguay, formando una de las cubiertas de rocas más extendidas de nuestro globo. Al meteorizarse han entregado un componente importante de los sedimentos jóvenes mesopotámicos (De Petre et al., 1987). Las formaciones de edad Pre-Cretácica son arcillas fragmentosas, lutitas y areniscas blanquecinas. Sobre ellas se apoyan las formaciones cretácicas y sus posteriores, que son las que afloran en el área de estudio y las importantes desde el punto de vista hidrogeológico.

El Neozoico empieza después de la separación de los continentes, encontrándose discordantemente superpuesto. Comienza con la Formación Paraná, constituida por una complicada serie de sedimentos marinos, costaneros y deltaicos. Arriba, las capas de arena crecen asimilándose a la formación superior, pero todavía mostrando restos de fauna marina (De Petre et al., 1987).

La geología de Entre Ríos es el resultado de una serie de acontecimientos tanto de tipo estructural (fallamiento del basamento cristalino) como sedimentario (relleno de los terrenos bajos con sedimentos de origen marino, fluvial y/o eólico) (Secretaría de Minería de la Nación, 2006).

En los bordes de la provincia, formando delgadas fajas longitudinales, aparecen los pisos más viejos. Hacia el centro todo ha sido recubierto por un potente relleno cuaternario (Cordini, 1949).

III 4.1.1 Columna estratigráfica

Descripción de las unidades formacionales: tomando como base los aportes de Tujchneider y Fili (1988), se describirá el perfil geológico regional compuesto por la siguiente columna estratigráfica (Figura III.12).

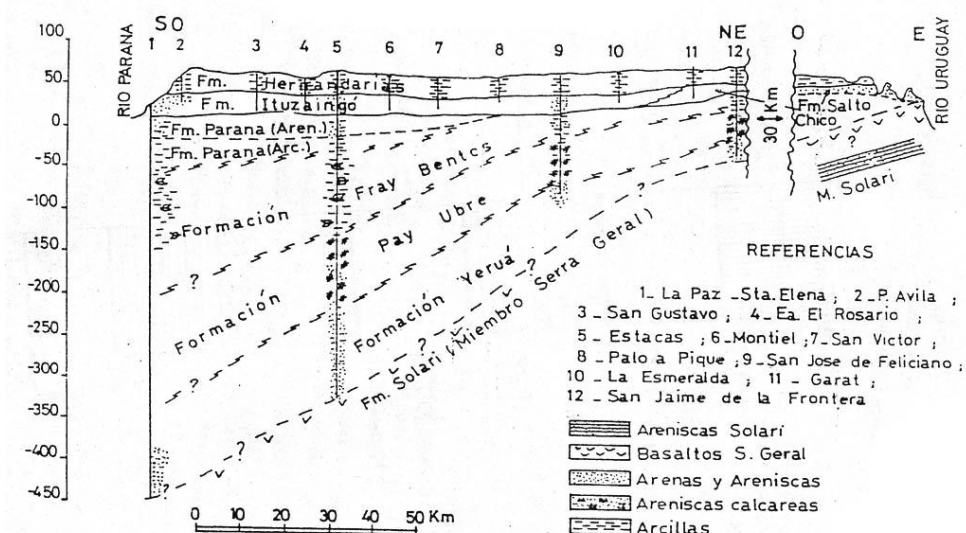


Figura III. 12. Perfil Geológico Regional. Fuente: Tujchneider y Fili (1988).

III.4.1.1.1 Formación Solari (Cretácico Inferior)

Está formada por dos miembros, uno compuesto por basaltos, identificado como Miembro Serra Geral y otro integrado por areniscas, en partes muy silicificadas, denominada Miembro Solari (Herbst, 1971). Aflora en la mitad oriental de la provincia de Corrientes y, en forma saltuaria, por la margen derecha del Río Uruguay hasta pocos kilómetros al sur de Concordia.

En el ámbito de la cuenca del Arroyo Feliciano, se encuentra en el subsuelo a profundidades crecientes hacia el oeste. La perforación realizada en Estacas por la ex Dirección de Minería, alcanzó basaltos a la profundidad de – 386 metros (aprox. cota –320). Según información proporcionada por Yacimientos Petrolíferos Fiscales a la Dirección de Minería de Entre Ríos, mediante sismica se detectó el techo de los basaltos a –99 metros en los

Conquistadores; hundiéndose hacia el oeste, en Villa Federal entre –371 y –405 metros; y en la margen izquierda del Río Paraná entre Pueblo Brugo y Villa Urquiza, Agua y Energía detectó profundidades variables entre –520 y –670 metros.

Serra Geral es la efusión basáltica de mayor extensión en el mundo. Son basaltos de tipo toleítico, de grano fino, de textura afanítica, de colores pardo rojizos hasta gris oscuro y negro. Aflora en el sector NE de Entre Ríos y es frecuente observarlo emergiendo del cauce del río Uruguay en épocas de estiaje (Secretaría de Minería de la Nación, 2006).

Solari (Herbst, 1971) está integrado por areniscas que pueden formar el sustrato del basalto o bien interestratificarse entre las diferentes coladas. Responden a dos tipos fundamentales: uno, de carácter cuarcítico, en algunos casos pasa a verdaderas cuarcitas, de grano mediano a fino y de coloración rojiza, violácea o amarillo pálido; otro con grano ligeramente más grueso y coloración rojiza pálida.

III.4.1.1.2 Formación Yeruá (Cretácico Superior)

Está compuesta por arenas y areniscas conglomerádicas de tonalidad predominantemente rojiza. Aflora en la porción nororiental de la provincia de Entre Ríos, en las proximidades del Río Uruguay (Herbst, 1971) y fue alcanzada por perforaciones en Salto Chico y Colón (Gentili y Rimoldi, 1979). En el subsuelo de la cuenca varias perforaciones alcanzaron sedimentos que podrían corresponder a esta unidad. Así, en la arrocera El Yacaré, próxima a San Jaime de la Frontera, se encontraron arenas rojizas, medianas, con rodaditos de arena fina aglomerada, desde –84 y –106 metros; litologías semejantes se registran en San José de Feliciano entre –125 y –138 metros (fondo de pozo) y desde –285 hasta –386 metros en Estacas, único lugar donde la secuencia fue atravesada totalmente.

Por otra parte, Stappenbeck (1926) menciona la presencia de sus “areniscas superiores” a 422 metros de profundidad en una perforación realizada en Santa Elena, a orillas del Río Paraná.

III.4.1.1.3 Formación Pay Ubre (Cretácico Superior)

Está integrada por areniscas calcáreas y calcáreos arenosos parcialmente silicificados que afloran en las proximidades de Mercedes y Felipe Yofré, provincia de Corrientes, y de Colón provincia de Entre Ríos (Herbst, 1980).

Por semejanzas litológicas y ubicación en la columna sedimentaria posiblemente se correspondan con esta unidad las areniscas calcáreas muy duras atravesadas en San Jaime entre -48 y -84 metros, y en Los Conquistadores por debajo de los -56 metros. También en Estacas se perforaron areniscas calcáreas entre -195 y -285 metros, bajo boca de pozo.

III.4.1.1.4 Formación Fray Bentos (Oligoceno Inferior a Medio)

Está compuesto por areniscas y limos calcáreos de coloración rosado-anaranjada. Aflora en la parte central y sud oriental de Corrientes y noreste de Entre Ríos hasta Concepción del Uruguay; en subsuelo fue localizada por numerosas perforaciones en las áreas que bordean a los afloramientos basálticos (Herbst, 1971 y 1980; Herbst et al., 1976; Santa Cruz, 1981; Herbst y Santa Cruz, 1985).

En el subsuelo de la cuenca del Arroyo Feliciano, debe corresponder a Fray Bentos lo descrito por los perforistas como “arcilla roja terrosa disgregable”, “arcilla limosa rosada” ó “limo arenoso rosado”, que en las perforaciones de San Jaime de la Frontera, Los Conquistadores y San José de Feliciano se encuentra aproximadamente a cotas de -45, -42 y -34 con espesores de 24, 22 y 13 metros respectivamente. Más hacia el oeste, las perforaciones que superan las arcillas verdes basales de la Formación Paraná, entran en arcillas pardas y rosadas, en partes calcáreas con abundancia de yeso. Todas las evidencias señalan que las sedimentitas rosadas se profundizan hacia occidente haciéndose la secuencia más pelítica y más potente.

En Estacas se atravesaron 98 metros de arcillas pardas yesíferas a partir de cota -32 y las mismas fueron alcanzadas por las perforaciones de Agua y Energía a cotas -56, en La Paz, -70 en Santa Elena y -64 en Hernandarias.

III.4.1.1.5 Formación Paraná (Mioceno Superior)

Está constituida por depósitos marinos que se encuentran en todas las cuencas sedimentarias del noreste argentino, desde Barranca Final (Río Negro) hasta Paraguay (Camacho, 1967; Irigoyen, 1969, entre otros).

En la región mesopotámica los sedimentos del mar miocénico fueron tratados por numerosos autores desde mediados del siglo pasado hasta la actualidad, no obstante lo cual subsisten discrepancias en las interpretaciones estratigráficas.

Iriondo (1973) y Aceñolaza (1976), consideran a éstos depósitos como una sola unidad integrada por varios niveles.

Los geólogos de Agua y Energía consideran que se trata de una sola formación integrada por tres miembros: un miembro basal de arcillas verdes con macro y microfósiles, poco potente pero de extensión regional que sobreyace a arcillas pardas con yeso, continentales; un miembro intermedio, constituido predominantemente por arenas grises, finas y medianas, con intercalaciones de estratos discontinuos de arcilla verde, algo arenosas, con microfósiles; y finalmente un miembro cuspidal integrado por niveles de arcillas arenosas, calcáreas y bancos conglomerádicos fosilíferos.

En el ámbito de la cuenca del Arroyo Feliciano, por lo general están presentes en el subsuelo los miembros basal e intermedio, debido a que desde la ciudad de Paraná hacia el norte, la parte superior de la formación ha sido erosionada por el gran sistema fluvial que dio origen a la Formación Ituzaingó. No se descarta la posibilidad de que en algunos lugares de la cuenca queden relictos del miembro superior.

Según los datos disponibles hasta el presente, el límite oriental de la Formación Paraná en el subsuelo de la cuenca sería aproximadamente coincidente con el meridiano de 59° W.

El miembro basal, compuesto por arcillas verdes, se encuentra en Estacas a cota -12 y tiene 20 metros de espesor y las perforaciones realizadas por Agua y Energía lo detectaron en Pueblo Brugo a -37, en Hernandarias a -44, en Santa Elena a -46 y en La Paz a -55, con espesores que varían entre 15 y 25 metros.

El miembro intermedio, predominantemente arenoso, fue alcanzado a las siguientes cotas: Federal -24, Sauce de Luna -16, Bovril -17, Alcaraz -20, Pueblo Brugo -16, Hernandarias -7, Santa Elena -8, La Paz -11 y Estacas -21, con espesores variables entre 33 y 66 metros.

III.4.1.1.6 Formación Salto Chico (Plioceno Superior – Pleistoceno Inferior)

Esta formación fue depositada por el río Uruguay y sus afluentes (Rimoldi, 1963).

Está integrada por depósitos fluviales de composición heterogénea donde predominan arenas de granulometría variada con tonalidades rojizas y amarillentas. La secuencia comienza con una base de arcillas blanquecinas y gris verdosas continuando hacia arriba en forma alternante con niveles de arena, grava, conglomerados y arcilla (Iriondo, 1980).

Son característicos de dentro de esta formación, la presencia de gruesos conglomerados conformados por cantos rodados, cementados por hierro y manganeso.

Sobre la margen derecha del río Uruguay se distribuye en afloramientos discontinuos desde Alvear (Corrientes), hasta Gualeguaychú, en una faja irregular cuyo ancho máximo de 100 kilómetros en Mercedes, y de unos 30 kilómetros en proximidades de Concordia (Gentili y Rimoldi, 1979). En el subsuelo de la provincia de Entre Ríos su presencia fue detectada a distancias de

la rivera del Río Uruguay que varían, de norte a sur, desde 35 hasta 70 kilómetros.

El espesor de Salto Chico es muy variable, observándose un marcado incremento hacia el sur, con un registro máximo de 70 metros.

La presencia de esta formación en el área de estudio se conoce por perforaciones y se encuentra restringida al extremo nororiental; en opinión de los autores, el límite occidental cruza a la cabecera de la cuenca del Feliciano, de norte a sur, pasando aproximadamente a la altura de las estaciones Garat y La Calandria.

En San Jaime, el techo de la Formación se encuentra aproximadamente a cota -55 y va descendiendo hacia el oeste y sur, habiéndose registrado en Garat y La Hiera a cota -54, en Los Conquistadores a -52, en Miñones a -51 y en La Verbena y La Calandria a -50 m. El espesor registrado en el área es de pocos metros, 6 en San Jaime y 10,5 m en Los Conquistadores, únicas perforaciones que la han sobrepasado. En ambos casos se trata de arenas superpuestas a varias decenas de metros de arcilla roja.

Esta formación también constituye un nivel acuífero importantísimo para la provincia ya que sobre la existencia del mismo se ha generado un área de cultivo de arroz bajo riego en los departamentos San Salvador, Villaguay, Colón (Secretaría de Minería de la Nación, 2006).

III.4.1.1.7 Formación Ituzaingó (Plioceno Superior – Pleistoceno Inferior)

Es de origen fluvial y está constituida predominantemente por arenas finas y medianas de color amarillo ocre y limos grises. Su composición mineralógica es fundamentalmente cuarzosa con cantidades menores de feldespatos, micas, magnetita y otros máficos (Iriondo y Rodríguez, 1973). Presenta diversos grados de compactación, desde totalmente sueltas hasta muy duras debido a la cementación con hidróxidos de hierro y sílice.

Aflora en extensos tramos de las barrancas de la margen izquierda del Río Paraná, desde Ituzaingó, en Corrientes hasta Paraná, Entre Ríos y se encuentra en el subsuelo de la mitad occidental de ambas provincias.

En la cuenca del Arroyo Feliciano, durante las grandes bajantes del Río Paraná, puede observarse en algunos lugares el contacto entre las formaciones Paraná e Ituzaingó, mediante discordancia erosiva; entre Pueblo Brugo y La Paz este contacto se encuentra a cotas variables entre 7 y 15. Por lo general la secuencia comienza con un nivel basal de rodados de arcilla, lentes de grava, capas fusiformes de arcilla pardo verdosa con restos de flora, planchones de arenisca y troncos silicificados; la estratificación es entrecruzada. Siguen hacia arriba arenas medianas y finas, limpias, con estratificación horizontal e intercalaciones mantiformes, de pocos centímetros de espesor, de arcillas grises. En la parte cuspidal de la secuencia se hace predominantemente pelítica, con arena muy fina y arcilla en capas intercaladas de espesor silimétrico.

El techo de la formación aflora o se encuentra a pocos metros de la superficie por debajo de cota 40. Su espesor es bastante regular, variando entre 20 y 30 metros desde La Esmeralda hasta Piloto Ávila, pero se reduce notablemente y la cota de su techo es más variable en la divisoria sudeste.

Esta unidad se constituye en la principal fuente de abastecimiento de agua con características físico-químicas que la hacen apta para consumo humano y, por los caudales que eroga, también para riego complementario (Secretaría de Minería de la Nación, 2006).

Grupo Punta Gorda (Iriondo, 1980)

Constituye la mayor parte de la cubierta sedimentaria de Entre Ríos, típico del Pleistoceno de las llanuras argentinas, caracterizado básicamente por limos castaños con concreciones de carbonato de calcio, depositados en ambientes palustres o eólicos. Se extiende por todo el territorio con un espesor que oscila entre 20 y 40 metros. Estos sedimentos fueron depositados antes de establecerse

la red de drenaje actual. Se le atribuye categoría de Grupo, ya que pueden dividirse en dos formaciones:

III.4.1.1.8 Formación Alvear (Pleistoceno)

Es la unidad inferior del Grupo Punta Gorda. Se presenta casi en forma continua en la barranca del Paraná, desde la entrada del Arroyo Nogoyá en el delta hasta La Paz, a casi 300 km de distancia, observándose una disminución paulatina de su espesor y su enriquecimiento correlativo de su componente químico (carbonato de calcio). Este carbonato pasa a constituir una verdadera caliza. La unidad es de origen palustre (Iriondo, 1980).

A lo largo de la mayor parte de las barrancas del Río Paraná, desde La Paz hacia el sur, la unidad se apoya sobre la Formación Ituzaingó hasta Paraná, y de ahí en adelante sobre la Formación Paraná, aflora un horizonte calcáreo cuyo espesor generalmente no sobrepasa los 5 metros.

Para Aceñolaza y Sayago (1980), “esta constituida por una toba calcárea de textura masiva y aspecto loessico, de color pardo anaranjado a pardo amarillento. El carbonato aumenta hacia abajo, llegando a constituir una tosca blanquecina de hasta 0,5 m. de potencia en la base de la formación.

En el área de estudio el nivel de “tosca” se encuentra con regularidad entre cotas 35 y 40 pero en subsuelo es difícil de detectar en perforaciones distanciadas a más de 20 km de la línea de ribera.

III.4.1.1.9 Formación Hernandarias (Pleistoceno)

Según Reig (1956), forma la parte superior del Grupo Punta Gorda en el noroeste de la provincia. Se extiende desde el Río Paraná hasta el Gualeguay, y desde el límite con Corrientes hasta la latitud de Paraná. En la barranca del Paraná aflora generalmente con un espesor de 4 a 8 metros. Esta unidad esta constituida fundamentalmente por arcillas y limos arcillosos rojizos, verdes grisáceos y castaños en estratos gruesos y muy gruesos. Sus sedimentos son de origen palustre o lacustre, con un alto contenido de arcillas expandibles, sobre

todo montmorillonitas (75 a 90%) e illita (25 a 10%) y aflora en gran parte del territorio de la provincia, cubriendo discordantemente a formaciones de distinta edad.

En el área de estudio solo falta totalmente en los valles de los Arroyos donde la erosión en cárcava ha sobrepasado la cota 40. En las perforaciones realizadas en el perímetro de la cuenca, los espesores observados varían normalmente entre 20 y 30 metros, a excepción del tramo comprendido entre El Cimarrón y Alcaraz, donde se produce un incremento importante a expensas de la Formación Ituzaingó, con un máximo en Sauce de Luna de 48 metros.

El perfil típico esta compuesto por una parte basal de arcillas predominantemente grises, algo arenosas, con concreciones calcáreas; una parte intermedia de arcillas marrones con abundante yeso, que llega a constituir yacimientos explotables. Finalmente, en los últimos 5 a 10 metros superiores, la secuencia es mas limo-arcillosa, el carbonato de calcio forma grava, concreciones y agregados pulverulentos manchados por óxido de manganeso.

Según Iriondo, se trata de sedimentos lacustres y palustres desarrollados en clima seco. El enriquecimiento de yeso en la base, indica una cuenca cerrada con pequeñas depresiones, donde se producía la precipitación del mismo.

En cercanías de la localidad de Hernandarias existen explotaciones de yeso e industrias donde es procesado.

Los sedimentos ricos en esmectitas de la Formación Hernandarias, que cubren gran parte de la superficie de Entre Ríos, han originado los suelos Vertisoles (De Petre et al., 1987).

Posteriormente a la formación del Grupo Punta Gorda, la erosión ha ido formando la red de drenaje actual en presencia de un clima húmedo con proceso tectónico.

III.4.1.1.10 Formación Arroyo Feliciano (Pleistoceno Superior)

Iriondo et al. (1985), proponen esta unidad estratigráfica. El perfil tipo se ubica en la margen derecha del Arroyo Feliciano, aproximadamente 1000 m aguas abajo del Arroyo Las Piedras, constituido por limo endurecido blanquecino o verde claro, que se deshace en forma de polvo. A veces presenta estructuras de laminación, o estratificación muy fina en sectores pequeños, de 30 a 40 cm de espesor, 1 a 2 cm de largo. Están incluidos en una masa más uniforme, sin estratificación visible.

También es frecuente la estratificación plegada, con pliegues suaves. Suele presentar intercalaciones de arena muy fina, levemente diagenizada. En su parte superior, puede presentar carbonato de calcio en concreciones mal definidas, o en forma de cemento. En partes, el carbonato transforma al sedimento en una verdadera roca.

Aparece en un espesor de 5 m de potencia visible. En partes se presenta con estratificación mediana a gruesa, poco definida.

Su edad es posterior a la Formación Hernandarias y anterior a la Formación La Picada. En el Arroyo Las Conchas, cerca de la ciudad de Paraná, se encuentra cubierta por la Formación Tezanos Pintos.

Esta unidad corresponde a los depósitos de la fase antigua del valle del Feliciano, caracterizada por la presencia de meandros de gran tamaño.

III.4.1.1.11 Formación Tezanos Pintos (Bonaerense) (Iriondo, 1980)

Desde Paraná hasta La Paz, aparece como una capa de 1,5 metros de espesor, cubriendo una faja de 5 a 10 km. de ancho. Hacia el este fue parcialmente erodada, presentándose sólo como remanente en las lomas.

Esta formación es una unidad loésica constituida granulométricamente por limo-arcilloso y muy escasa arena fina (menos del 5%); la grava basal

aparece solo en el fondo de los valles. Es friable, contiene abundante carbonato en concreciones de hasta 1 cm de largo. Mineralógicamente está compuesta por cuarzo con escasas plagioclasas y fragmentos de vidrio volcánico; en cuanto a las arcillas predomina la montmorillonita.

Esta formación fue originada por sedimentación de partículas finas transportadas en suspensión por el viento. Cubre en forma de manto las irregularidades preexistentes del paisaje.

Durante una fase semiárida al fin del Pleistoceno, se ha producido la sedimentación de loess de la Formación Tezanos Pintos, que puede tener una edad bonaerense. Este material loésico es el responsable de la formación de los suelos Brunizem que se presentan como vecinos importantes de los Vertisoles y además originan suelos de transición (De Petre, op. cit.).

III.4.1.1.12 Formación La Picada (Holoceno) (Iriondo, 1980)

Bajo esta unidad se colocan los depósitos sedimentarios que forman el relleno aluvial de los ríos y Arroyos de Entre Ríos.

Forman una terraza baja y bien desarrollada en todos los afluentes importantes de la margen izquierda del río Paraná. En el área de la cuenca se encuentra desarrollada en los Arroyos El Ceibo, Manantiales, Feliciano y Yacaré.

La composición de los sedimentos puede variar entre un valle y otro, dependiendo de cada cuenca, pero en general la granulometría es arenosa en la sección inferior. En la sección superior es limosa, de color castaño para los afluentes del Paraná.

Son rellenos aluviales en valles excavados durante una fase anterior no vinculada a los depósitos.

Tectónica

En el valle del Feliciano y zonas cercanas, es evidente la existencia de movimientos tectónicos. Se pueden observar rechazos de 10 a 20 metros afectando a las formaciones Ituzaingó, Alvear, Hernandarias y Arroyo Feliciano.

También existen basculamientos visibles en el campo. Los bloques afectados son de pocos kilómetros de extensión (Iriondo et al., 1985).

III.5 Geomorfología de la Provincia de Entre Ríos

La provincia de Entre Ríos es muy característica en cuanto a su relieve. El INTA ha estudiado la morfología de los suelos por su relación con la agricultura y la erosión hídrica. En el trabajo “Geomorfología de Entre Ríos” se distinguen siete regiones (Figura III.22).

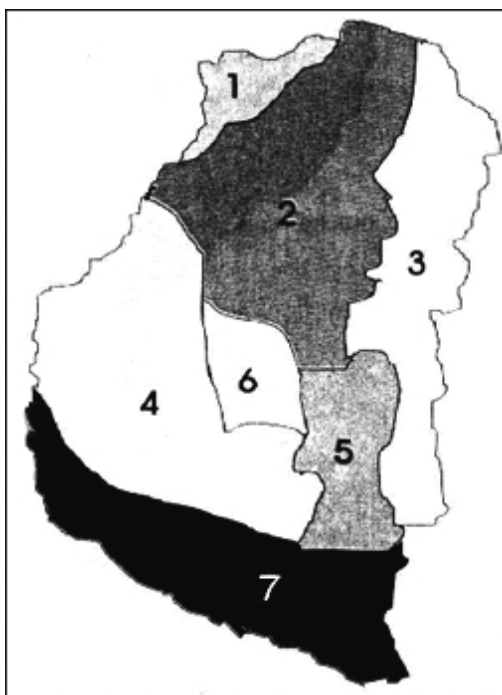


Figura III.22. Regiones de la Geomorfología de Entre Ríos.

Fuente: Secretaría de Minería de la Nación, 2006

- Región 1: Depósitos antiguos del río Paraná
- Región 2: Superficie Feliciano-Federal
- Región 3: Faja arenosa del río Uruguay
- Región 4: Lomadas loésicas de Crespo

- Región 5: Colinas de Gualeguaychú
- Región 6: Área de Rosario del Tala
- Región 7: Complejo deltaico

III.5.1 Geomorfología de la Cuenca

La cuenca del Arroyo Feliciano queda delimitada dentro de la región 2: Superficie Feliciano-Federal, la cual es una de las áreas geomorfológicas más grandes de la provincia. La cota topográfica es casi constante entre 65 y 70 metros a excepción de una pequeña área con 75 metros denominada bañados de altura, la cual carece de pendientes. Se trata, geomorfológicamente, de una zona con drenaje deficiente, con redes no integradas y donde no hay equilibrio

Es una unidad erodada o bastante erodada que se extiende en forma irregular por las partes altas del centro - Norte de la provincia. Se trata de un suelo bien desarrollado y lixiviado que ocupa una “meseta” muy plana con morfología eólica.

Son rasgos destacables los “bañados de altura”, áreas de avenamiento difícil de la alta cuenca del río Gualeguay y del Arroyo Feliciano y las pequeñas lagunas con afluentes poco ramificados de algunos cientos metros de largo que en planta presentan aspecto semejante a neuronas. Se trata entonces de un suelo policíclico desarrollado sobre una superficie originada en clima seco que posteriormente experimentó una fase húmeda que permitió su lixiviación (Secretaría de Minería de la Nación, 2006).

El sustrato está formado por arcillas, limos densos, con una capa superior de 10 a 20 cm de limos arcillosos.

El Arroyo Feliciano corre por una llanura aluvial de contornos irregulares; su cauce tiene un ancho variable entre los 40 y 120 metros. La divagación del cauce es relativamente escasa. Está formado por meandros compuestos; los de primer orden tienen un radio de curvatura que oscila entre 500 y 2000 m; a su vez, están alterados por curvas más pequeñas.

En la llanura aluvial, existen dos fases de sedimentación y actividad morfogenética. La primera, está caracterizada por paleocauces de gran tamaño, de 150 a 300 m de ancho, con meandros (curvas que forma el arroyo) regulares, bastante cerrados (300 a 500 metros de curvatura); corresponde a la Formación Arroyo Feliciano y forma la terraza más antigua. La segunda fase, más moderna, está representada por los depósitos de la Formación La Picada, con numerosas espiras de meandro y cauces abandonados de 30 a 60 m. de ancho, forma la terraza más joven.

Los procesos actuales están modificando parcialmente la morfología de la llanura aluvial, implantándose un sistema de energía considerablemente mayor. Las causas deben buscarse en la acción antrópica, ya que la explotación agrícola-ganadera de la cuenca provoca un aumento de la escorrentía y concentración de los picos de crecida (Iriondo et al., 1985).

A los efectos de profundizar la descripción de la región, se divide el área de la cuenca en tres secciones: Superior, Media e Inferior; utilizando las Cartas de Suelos de la República Argentina (INTA 1986, 1990, 1993).

III.5.1.2 Unidades geomorfológicas mayores

Una primera gran unidad se ubica al oeste del departamento, donde el Arroyo cambia de rumbo hacia el suroeste. Constituye la cabecera del Arroyo, parte de la cuchilla Grande al Este y la de Montiel al Oeste.

La segunda unidad geomorfológica está compuesta por el resto del departamento. En términos generales, es un paisaje normal a subnormal. Los elementos constitutivos de esta gran unidad son: la cuenca del Feliciano en su sector de rumbo general nordeste-suroeste, y la divisoria de agua entre el Feliciano y el Guayquiraró.

Dentro de estos grandes ambientes se diferencian:

a) La altillanura típica de la Cuchilla Grande, en el nordeste del departamento, con relieve plano a ligeramente planocóncavo, situada entre las cotas 73 y 77 metros. Red de drenaje muy incipiente, de cursos de agua con perfil

en V, sin valle de inundación de importancia, con leves síntomas de erosión retrogradante, que vierte hacia la cuenca imbrífera del Feliciano.

Presenta síntomas de drenaje impedido, con pequeñas depresiones cerradas que reciben aportes de agua de su periferia, conformando un patrón aerofotográfico de “patas de araña”. Paisaje desarrollado sobre un supuesto manto de loes delgado (aproximadamente 1 m de espesor), con capas de agua superficiales colgadas en el límite loes-limos-calcáreos; energía morfogenética muy baja y control de evolución determinado por la ausencia de pendientes iniciales. Sin monte natural, pero con alturas topográficas.

b) Las pendientes largas y muy largas de la cabecera y de la margen izquierda de la cuenca del Arroyo Feliciano. Interfluvios de perfil transversal plano o ligeramente planocóncavo y perfil longitudinal con pendiente muy suave. Esto configura un ambiente algo mejor drenado superficialmente que el anterior, pero subsisten microdepresiones cerradas, aunque más pequeñas y dispuestas claramente en rosario y dispuestas paralelamente a los cursos de agua y afluentes del Feliciano. La energía morfogenética es algo mayor que en la unidad anterior, y está delimitada por las cotas de 65 a 73 metros.

c) Las pendientes muy largas de interfluvios de cursos tributarios del Arroyo Feliciano y pendientes más cortas hacia dichos tributarios (relieve entre 65 y 55 metros), en la margen izquierda de la cuenca del Feliciano, desde centro hasta el suroeste del departamento Feliciano. Dichos interfluvios tienen perfil topográfico ligeramente planoconvexo y se encuentran mejor drenados que las unidades anteriores, aunque igualmente manifiestan síntomas de drenaje superficial deficiente.

III.5.1.3 Geomorfología en la sección Superior

Corresponde al área de las nacientes del Arroyo Feliciano, y sus tributarios menores, ocupando la mitad sur del departamento de Feliciano.

Forma parte de la gran llanura del norte de la provincia, con manifiestos problemas de drenaje tanto superficial como de los suelos y formaciones sedimentarias.

Desde el punto de vista geomorfológico es una región bastante estable, lo que puede atribuirse a que un porcentaje muy alto de superficie está preservado por la vegetación natural. Su eliminación en algunos sectores manifestó procesos erosivos.

No se encuentran gran diversidad de geoformas contrastantes, las alturas topográficas oscilan entre 78 metros en el nordeste y 60 metros a la salida del departamento de Feliciano.

Todo el departamento (excluyendo los valles de ríos y Arroyos principales), se caracteriza por tener un drenaje muy pobre, como resultante de la muy baja y baja intensidad de las pendientes y en algunos casos por la gran longitud de éstas, a lo cual se agrega la lenta permeabilidad natural de casi todos sus suelos y formaciones sedimentarias.

En el sector nordeste, el nacimiento del Arroyo Feliciano tiene rumbo general este-oeste. Las áreas drenadas por este curso de agua y sus afluentes están caracterizadas por pendientes generales muy largas y suaves, con manifiestos síntomas de drenaje interno impedido. En el resto del departamento el rumbo general se torna nordeste-suroeste, manifestando igualmente problemas de drenaje deficiente, pero con menor intensidad que en el área anterior.

III.5.1.4 Geomorfología en la sección Media

Abarca la mitad noroeste del departamento de Federal, y el nordeste del departamento de La Paz.

a) Planicies suavemente onduladas, sobre manto de limos calcáreos:

Es una unidad con relieve ondulado a suavemente ondulado. Posee pendientes suaves y largas. Acompaña en su margen derecha al Arroyo Feliciano en la sección Media, y al sur de la subcuenca del Arroyo Estacas.

Esta zona se formó sobre sedimentos de origen palustre y/o lacustre, conocidos como “limos calcáreos”, que en algunos sectores muy reducidos están mezclados con depósitos eólicos.

b) Las cuchillas: Son amplias divisorias de aguas ubicadas en áreas relativamente altas, suavemente onduladas a casi planas. Abarca las zonas más altas del nordeste del departamento de La Paz.

Son ambientes hidromórficos que, sin embargo, sostienen una vegetación con varias especies de características xerófilas.

Estas planicies se desarrollaron sobre sedimentos arcillosos de origen lacustre, es decir, “limos calcáreos”, (de la formación Hernandarias), con algunas influencias de materiales eólicos (loess).

Se ha observado en algunos sectores que cuando se efectúa el desmonte, comienza a producirse erosión en zanjas, a pesar de que el paisaje tenga desniveles muy suaves.

c) La peniplanicie: La mayor parte corresponde a relieve suavemente ondulado.

Es una formación estructural muy antigua, caracterizada por pendientes largas (500-1000 metros, localmente pueden superar los 1500 metros), de 0,5 a 2,5% de intensidad y constituye un paisaje muy homogéneo, dominio de los suelos Vertisoles y suelos asociados al orden Alfisol en las áreas más planas, y del orden Molisol en los pie de lomas y sectores cóncavos.

Durante el cuaternario, los frecuentes cambios en el nivel de base de la red hidrográfica, sumado a clima contrastante (clima húmedo vs. seco), produjeron erosión geológica, como entallamiento de valles, retrogradación de cabeceras, etc. Estos procesos de erosión natural aún mantienen su influencia y participan de la erosión actual, acentuada por las actividades humanas (deforestación, colonización).

d) Altillanuras de los bañados de altura: Se concentra en las partes más elevadas de la Cuchilla Grande (75-80 m. sobre el nivel del mar), en las divisorias de aguas. Estaría representada esquemáticamente por la línea férrea que une Federal con San Jaime de la Frontera (Federación).

Son áreas sin monte natural en donde la vegetación predominante son las pasturas hidromórficas de *Paspalum*, *Cyperaceae*, *Schyzacryrium*, etc.

Los suelos dominantes son Argiudoles vérticos, y en menor medida los Ocracualfes vérticos.

Según Iriondo (1980), “es una meseta muy plana con morfología eólica”.

En fotografías aéreas se notan charcos y lagunas pequeñas (con un diámetro máximo de hasta 500 metros) en un patrón de drenaje centrípeto, con afluentes ramificados de poca extensión que confieren un aspecto semejante a “neuronas”.

e) Altillanuras de la Cuchilla de Montiel: Están constituidas por áreas planas a muy suavemente onduladas cubiertas por grandes extensiones del monte xerófilo del Montiel, con especies indicadoras como “Palma Caranday”, “Chañar”, y el “Quebracho blanco”.

Los suelos dominantes son los Ocracualfes vérticos (Planosoles típicos), asociados a suelos de orden Vertisol y Molisol.

El rasgo geomorfológico de esta unidad es la suavidad de las ondulaciones, con pendientes que rara vez superan el 1,5% de intensidad pero que normalmente superan los 1500 metros de longitud, con una red de drenaje menos definida que en la peniplanicie.

f) Valles de ríos y Arroyos: El Feliciano y sus tributarios, por su amplitud y dinámica fluvial, están caracterizados por un paisaje aluvial donde predominan los esteros y pajonales, interrumpidos por albardones y “blanquizales” (playas alcalinas).

Los suelos dominantes pertenecen a los subórdenes Fluventes, Samentes; y a los grandes grupos Haplaceptes, Haplaceptes, Natracuafes, Ocracuafes y algunos Halaceptes.

Una parte de las formaciones aluviales está representada por antiguas terrazas, en las cuales el desarrollo de los suelos ha sido más notorio que en el resto del valle, por la “estabilidad” de estas terrazas a las inundaciones, y por la superposición de materiales retransportados de partes más altas (coluvios). Los suelos dominantes son los Argiacuoles y Argialboles, y, en menor medida, los Argiudoles vérticos.

III.5.1.5 Geomorfología de la sección Inferior

Esta sección abarca la mitad sur del departamento de La Paz, en donde se encuentra la desembocadura del Arroyo Feliciano sobre el Río Paraná.

En esta sección, la cuenca presenta varios ambientes de relieve cuyas características generales responden a diversas formaciones geológicas, las cuales están constituidas en su mayor parte, por sedimentos cuaternarios.

Se pueden mencionar las siguientes grandes unidades geomorfológicas:

a) Planicies suavemente onduladas, sobre manto de limos calcáreos: Esta unidad se caracteriza por ser un área de ambientes ondulados a suavemente ondulados. Es un paisaje con pendientes por lo general largas y que tienen un gradiente suave. Se localiza en los declives de las cuencas de los principales cursos de agua del departamento de La Paz, como lo son el Arroyo Don Gonzalo y el Estacas.

Esta zona se formó sobre sedimentos de origen palustre y/o lacustre, conocidos como “limos calcáreos”, que en algunos sectores muy reducidos están mezclados con depósitos eólicos.

b) Las cuchillas: Son amplias divisorias de aguas ubicadas en áreas relativamente altas, suavemente onduladas a casi planas. Cubren extensas áreas

entre los Arroyos, Don Gonzalo-Alcaráz; Alcaráz-Hernandarias; Don Gonzalo-De Las Achiras.

Son ambientes hidromórficos que, sin embargo, sostienen una vegetación con varias especies de características xerófilas.

Estas planicies se desarrollaron sobre sedimentos arcillosos de origen lacustre, es decir, “limos calcáreos” (de la formación Hernandarias), con algunas influencias de materiales eólicos (loess).

c) Planicies onduladas sobre manto de loess: Esta región de lomadas se formó sobre una capa de loess, la cual a su vez yace sobre limos lacustres. Ocupa la margen derecha del Feliciano, desde el Arroyo Ceibo (al sur de la ciudad de La Paz), hasta la desembocadura en el Río Paraná.

El sector occidental de esta unidad descansa sobre loess y se manifiesta como un paisaje geomorfológicamente inestable, caracterizado por las pendientes convexas, que causan un fuerte proceso erosivo, por lo general en cárcavas, especialmente en las cercanías del río Paraná.

Pero hacia el este, los depósitos loésicos se intercalan con materiales lacustres subyacentes, y dieron origen a sedimentos más arcillosos y ricos en carbonato que el loess. Se trata de “limos loessoides”, sobre los cuales se formó un ambiente que también sufre de procesos erosivos, pero en este caso predominantemente en forma de surcos.

d) Valle aluvial inferior del Arroyo Feliciano: Acompaña el recorrido del Arroyo Feliciano por su margen izquierda, en la sección inferior de éste.

Es una llanura aluvial constituida por depósitos complejos de sedimentos arcillosos, limos loessoides y mezclas de arenas fluviales y eólicas.

En épocas antiguas el área fue afectada por varias fallas y las formaciones geológicas de ambas márgenes están fracturadas en diferentes sectores.

La geomorfología actual de la llanura aluvial está cambiando paulatinamente por causa de las actividades agrícolas y la ganadería intensiva en

algunos lugares del valle. Estas formas de uso producen un aceleramiento de los procesos erosivos, que a su vez incrementan el arrastre y deposición de sedimentos en la cuenca del Arroyo. Además cuando el río Paraná tiene crecidas, no permite desaguar libremente al Arroyo, inundándose las tierras bajas por tiempos prolongados.

Un pequeño sector localizado al final de la margen izquierda del Arroyo Feliciano y paralelo al Arroyo Hernandarias es una zona con sedimentos arenosos.

e) Planicies suavemente onduladas, con manto delgado de loess:

Esta área limita la cuenca del Arroyo Alcaraz. Es un ambiente sumamente ondulado, con pendientes largas que, bajando desde las “cuchillas” que lo rodean, se orienta hacia el Arroyo Feliciano. Está desarrollada sobre una mezcla de loess y limos que han sufrido retransportes sucesivos. Tienen un contenido escaso de arena.

Descripción de los suelos de los valles aluviales

Por lo general, los suelos que cubren estas áreas están constituidos por aluviones recientes o suelos con poco desarrollo genético. No obstante, no todos los valles tienen necesariamente suelos jóvenes, puesto que se pueden localizar algunos con horizontes superficiales diagnósticos, seguidos por capas de texturas variables.

Esto se debe principalmente a tres factores: a) tipo de sedimento sobre el cual evolucionaron, b) condiciones de drenaje, c) procesos de deposición o arrastre.

III. 6 Suelos de la Cuenca

(Modificado de Boschetti et al., 2009)

En esta sección se describen las características más relevantes de los suelos reconocidos en la cuenca del Arroyo Feliciano con el objetivo de conocer

los aspectos más importantes del funcionamiento de los mismos, que condicionan las diferentes alternativas de uso agropecuario.

III.6.1 Orden Vertisol

Los suelos Vertisoles están desarrollados sobre sedimentos de origen lacustre - palustre denominados limos arcillosos calcáreos, de la Formación Hernandarias. Esta unidad representa un antiguo barreal depositado por el río Uruguay durante un período muy seco del Pleistoceno Inferior (Cuaternario), con aportes eólicos menores (Iriondo y Kröhling, 2008). Son materiales muy duros y ásperos en seco, friables en húmedo y plásticos y adhesivos en mojado. Se encuentran en las pendientes de la divisoria de aguas entre el Arroyo Estacas y el Feliciano en el Departamento La Paz y hacia el sur de la cuenca, en las pendientes hacia el Arroyo Don Gonzalo y el Arroyo Estacas.

Las características más importantes que poseen son un color oscuro uniforme, la formación de grietas en la fase seca, de 3 a 10 cm de ancho y 50 cm o más de profundidad, y abundantes slickensides interceptados. Estas dos últimas características son resultado de los movimientos de expansión y contracción volumétrica, fenómenos debidos a las particularidades de las esmectitas, que pueden absorber y desorber importantes cantidades de agua entre sus capas cristalinas, según la humedad del medio. Son suelos de textura franco-arcillo-limosa en el horizonte superficial y arcillo-limosa en los subsuperficiales; con un porcentaje de arena que no supera el 3% a 4%.

Se encuentran en un paisaje de peniplanicie muy suavemente ondulada, generalmente en pendientes largas de 0,5 a 2,5% (Plan Mapa de Suelos de la Provincia de Entre Ríos, 1984). Tienen una reacción química del suelo superior a 6 y una capacidad de intercambio elevada, que supera los 30 cm(c) kg^{-1} de suelo, estando el complejo absorbente casi totalmente saturado (De Petre, Stephan, 1998). Esto refleja que la fertilidad química que poseen es buena, excepto por la baja disponibilidad de P, que está relacionada con el bajo contenido de fósforo

total, que alcanza valores inferiores a 300 mg de P kg⁻¹ de suelo (Boschetti et al., 2000).

Otra característica que es común encontrar en estos suelos es el microrrelieve gilgai, resultado del agrietamiento cuando se secan y la dilatación de las arcillas cuando se humedecen. Las grietas que se forman durante la estación seca, se llenan de material suelto que se desprende desde la superficie y cae, o es arrastrado en profundidad por las lluvias. Al hincharse la masa del suelo, el empuje y el deslizamiento cortante del material subsuperficial, eleva parte del suelo, que se ve sometido a una tensión de abajo hacia arriba, provocando la formación de microelevaciones en la superficie: crestas y depresiones.

Los Vertisoles de la cuenca del Feliciano corresponden al Suborden de los Udertes por que tienen un régimen hídrico údico, que es aquel donde el suelo está normalmente húmedo (al menos alguna parte del perfil), y nunca está seco más de 90 días acumulativos en el año. La intensidad del color en húmedo, que es inferior a 2 (color muy oscuro), los define a nivel de Grangrupo como Peludertes (Plan Mapa de Suelos de la provincia de Entre Ríos, 1984) y como Subgrupo se han reconocido los Peludertes árgicos, argiacuólicos, argiudólicos y mólicos.

Los Peludertes árgicos, son suelos de colores muy oscuros hasta casi un metro de profundidad con un horizonte B₂ con características de un horizonte argílico, salvo por la ausencia de cutanes microscópicos de iluviación, los cuales probablemente existan, pero por el proceso del movimiento en masa, no se identifican. Los Peludertes argiacuólicos, tienen un epipedón que reúnen condiciones para ser considerado un (o parte de) mólico y un horizonte argílico con abundantes caras de fricción (slickensides). Tienen microrrelieve gilgai muy bien desarrollado, poseen drenaje deficiente, con exceso de agua en el perfil durante los períodos lluviosos, por lo que tienen características hidromórficas, con concreciones de hierro-manganeso desde la superficie (Plan Mapa de Suelos de la provincia de Entre Ríos, 1993).

Los Peludertes argiudólicos son muy similares a los argiacuólicos (Vertisol con gilgay, epipedón que reúne las condiciones para ser considerado mólico y B₂ textural), pero son moderadamente bien drenados y no poseen concreciones de hierro–manganeso en el horizonte superficial. La característica principal de los Peludertes mólicos, es que presentan el horizonte superficial con ciertas características de un epipedón mólico tales como la estructura granular y en bloques subangulares y una consistencia friable en húmedo.

Los suelos Vertisoles tienen limitaciones para la producción agrícola relacionadas a su drenaje deficiente debido a la alta cantidad de arcilla expandente y a la baja macroporosidad, y a la poca disponibilidad de fósforo para los cultivos, por lo que requieren de mayor tecnología y costos de producción, que los suelos del orden Molisol. Además poseen ciertas características químicas, que pueden afectar severamente el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Es frecuente encontrar áreas con visibles y abundantes concreciones de carbonato de calcio en superficie (tosquillas), con un valor de pH superior a 7 y un porcentaje de saturación con calcio de su capacidad de intercambio catiónico que excede el 85 %, en las cuales las plantas al emerger muestran clorosis, que retardan su crecimiento y en algunos casos llega a provocarles la muerte. Esto es debido a la alta disponibilidad de calcio en los suelos calcáreos que determina una alta concentración de calcio en planta y una alteración en las relaciones con el resto de los nutrientes, sufriendo una deficiencia de Zn inducida por el exceso de calcio (Quintero et al., 2002).

Hay que tener en cuenta que si bien los suelos Vertisoles son bastante problemáticos para diferentes usos agrícola, resultan apropiados para cultivos que requieren retención de agua superficial como es el caso del arroz, especialmente en ambientes hidromórficos donde se tienen posibilidades de riego.

III.6.2 Orden Alfisol

Los suelos del Orden Alfisol, también están formados a partir de limos calcáreos de la Formación Hernandarias. Son suelos imperfectamente drenados que están ubicados en áreas altas planas a muy suavemente onduladas, por lo que generalmente después de las lluvias quedan con exceso de agua sobre la superficie (encharcamiento). En relación a los Vertisoles, tiene mayor descalcificación y alcalinidad, además, el proceso de hidromorfia se acentúa notablemente. Presentan abundantes moteados y concreciones ferromanganesíferas en todo o casi todo el perfil.

Tienen un epipedón somero, de textura franca limosa, con 20-27% de arcilla, de color gris claro, con una estructura que varía desde masiva hasta bloques angulares débiles, de consistencia dura en seco y muy plástica en mojado. A este horizonte le sigue, un subsuelo muy denso, oscuro, de textura arcillo-limosa, con un contenido de arcilla entre 40-50%, con estructura prismática, y consistencia extremadamente dura en seco, con muy baja permeabilidad y una elevada densidad, lo que significa un obstáculo para el normal desarrollo del sistema radicular de las plantas.

En algunos casos, en profundidad tiene problema de exceso de sodio, siendo muy leves a moderadamente alcalinos en el subsuelo, con 4-15% del complejo de cambio ocupado por sodio. En estos suelos puede observarse una vegetación natural típica de bosque xerófilos con especies indicadoras tales como la palma caranday (*Trithrinax campestris*), chañar (*Geoffroea decorticans*) y quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho blanco*), que no se encuentran en áreas de la provincia que tienen otros tipos de suelo (Plan Mapa de Suelos de la Provincia de Entre Ríos, 1984).

Todo lo expresado anteriormente evidencia que son suelos con una aptitud restringida para la mayoría de los sistemas de utilización. Si bien no tienen peligro de erosión, dado que se encuentran en un relieve plano, el exceso

periódico de agua superficial, la impermeabilidad del subsuelo junto con una estructura poco favorable del horizonte superior, limitan su capacidad productiva.

Los Alfisoles de la cuenca del Feliciano se encuentran fundamentalmente en el centro de la cuenca y corresponden al suborden de los Aculafes por tener en el perfil un régimen hídrico ácuico y a nivel de Subgrupo, la presencia de un epipedón ócrico, los coloca como Ocracualfe. En el caso de que tengan más del 15% de Na son clasificados como Natraculafe, los cuales tienen características muy adversas para el crecimiento de los vegetales, tanto por sus propiedades físicas desfavorable como por el exceso de sodio en el complejo de cambio. Dentro de los Ocracualfes dominan los vérticos, la condición de particularidades vérticas en Ocracualfes, señala una significativa proporción de arcillas muy activas en su composición mineralógica.

Tienen un horizonte B₂, con cromas oscuros y síntomas de hidromorfismo, que se evidencian por las abundantes concreciones de hierro y manganeso que poseen. En algunos Ocracualfes, el epipedón poseen ciertas características para ser considerados mólicos a nivel de Subgrupo, son los Ocracualfes mólicos, que tienen condiciones más favorables para el desarrollo de las plantas.

III.6.3 Orden Molisol

Los suelos del Orden Molisol, son pardos oscuros, con horizontes superficiales limosos, estructura granular, provistos de materia orgánica de muy buena calidad y fáciles de trabajar; seguidos por horizontes subsuperficiales arcillosos y de mayor densidad. En general los Molisoles de la Cuenca tienen características algo distintas a los del suroeste de la provincia de Entre Ríos, por estar desarrollados sobre limos calcáreos y loess retransportado de la Formación Tezanos Pintos, mezclados con materiales lacustres y palustres (limos calcáreos) de la Formación Hernandarias (Plan Mapa de Suelos de la provincia de Entre Ríos, 1993).

Se ubican en un paisaje suavemente ondulado con pendientes entre 2% y 6%. El horizonte superficial es poco profundo, oscuro, con una textura franco

limosa a franco arcillo limosa, y estructura en bloques y granular, bien provisto de materia orgánica (2 a 4%) de buena calidad, alta saturación en bases y muy buena provisión de nutrientes. Le sigue un horizonte B₂ textural, con textura franco arcillo limosa a arcillo limosa, con baja permeabilidad y difícil de penetrar por las raíces (Plan Mapa de Suelos de la Provincia de Entre Ríos, 1984). La presencia de arcilla montmorillonítica influye negativamente sobre las características de este horizonte, dándole una consistencia fuerte y una muy baja capacidad de infiltración (Plan Mapa de Suelos de la provincia de Entre Ríos, 1990).

Si bien tienen buena capacidad productiva, debido a la fertilidad natural y a las buenas condiciones físicoquímicas que poseen, tienen limitaciones de uso relacionadas con la susceptibilidad a la erosión hídrica. La mayor parte de los Molisoles de la Cuenca poseen horizontes B₂ texturales fuertemente desarrollados y se encuentran en paisaje levemente ondulado, dos características que favorecen el escurrimiento superficial y por ende la pérdida de suelo.

A nivel de suborden se encuentran Acuoles y Udoles. Los Acuoles son los que tienen un régimen de humedad ácuico, y en donde el factor predominante de su génesis es el exceso de humedad (hidromorfismo), estando el perfil saturado con agua y en un ambiente netamente reductor por la ausencia de oxígeno. Se ubican en áreas generalmente planas, sin red de drenaje, o con una red muy incipiente, con lagunas grandes muy irregulares, bañados y cursos de agua muy poco definidos, de la parte alta de la cuenca del Arroyo Feliciano y en menor extensión en la cuenca media del Arroyo Don Gonzalo. Presentan un horizonte superior lixiviado de textura franca limosa a franco arcillo limosa y con moteados y concreciones de hierro y manganeso. Hay un solo gran grupo dentro de la cuenca, que son Argiacuoles (con horizontes argílico), que a nivel de subgrupo son Argiacuoles Vérticos.

Los Udoles, poseen régimen de humedad údico, ya que el perfil permanece húmedo la mayor parte del año, y nunca está seco por más de 90 días acumulativos en el año. A nivel de gran grupo, entre los Udoles, tenemos

aquellos que poseen características vérticas y corresponden a los Argiudoles vérticos y aquellos que tienen perfiles más profundos, a veces con un epipedón algo engrosado, seguido de un horizonte B₂ textural, de espesor considerable que son los Argiudoles ácuicos (Plan Mapa de Suelos de la provincia de Entre Ríos, 1993).

Los Argiudoles vérticos se encuentran en la parte inferior de la Cuenca hacia la desembocadura del Arroyo Feliciano y en el área de los tributarios del Arroyo Alcaráz.

III.6.4 Orden Inceptisol

En el valle fluvial del Arroyo Feliciano con un paisaje de albardones y esteros, se encuentran suelos del Orden Inceptisol. Los esteros ocupan las áreas cóncavas, sin salida natural hacia el Arroyo principal, quedando inundado por períodos prolongados.

Estos suelos son el resultado de procesos de evolución incipientes, en un grado muy inferior a los procesos de lixiviación o meteorización extremas que conducen a la formación de horizontes de iluviación. Pertenecen al gran grupo de los Haplacueptes, formados por capas de textura franco-arcillo-limosa, gleizados a partir de los 40-50 cm. de profundidad y con una capa freática fluctuante cerca de la superficie. Son ácidos a ligeramente ácidos en superficie y, por lo general, neutros en profundidad. Pueden poseer capas subsuperficiales levemente alcalinas a alcalinas.

III.6.5 Orden Entisol

También en el valle del Arroyo Feliciano, se encuentran suelos aluviales caracterizados por perfiles heterogéneos compuestos por capas de textura variable (muy limosa a arcillosa según la dinámica de deposición fluvial), sin evolución genética, por lo que corresponden al Orden de suelo Entisol. Son pobres a muy pobremente drenados y, por lo general, gleizados entre los 50 y 100 cm de profundidad.

III. 6.6 Caracterización de los Suelos por sus usos

Usos de los Vertisoles

La aptitud de los Vertisoles para los distintos “sistemas de utilización” (agrícola, mixto agrícola-ganadero, y ganadería) está favorecida por la presencia del horizonte A1, por lo general profundo, con nivel de fertilidad relativamente bueno, un alto porcentaje de materia orgánica y características físicas no tan adversas (subsuelo, drenaje y erosión).

Los vertisoles del centro de la cuenca son moderadamente bien drenados, y con susceptibilidad moderada a la erosión. Son los más aptos para el uso con cultivos de cosecha, de los que se puede esperar buenos rendimientos. Los cultivos más apropiados son: lino, sorgo y maíz.

El peligro a la erosión requiere rotaciones adecuadas, con verdeos anuales y pasturas perennes consociadas. Las praderas requieren un manejo y pastoreo cuidadoso, con prácticas que eviten el pisoteo y sobrepastoreo, especialmente los días lluviosos. En estos casos es conveniente el uso de piquetes con pasturas naturales y monte.

Los vertisoles del noroeste de la cuenca, poseen susceptibilidad ligera a la erosión, pero en condiciones de drenaje impedido. Esto lo hace poco apto para el uso de cultivos, salvo el sorgo. Otro caso es el arroz, ya que la permeabilidad muy lenta de los horizontes, los declives muy suaves y la presencia de acuíferos de gran volumen y calidad, reúne condiciones apropiadas para este cultivo.

También son aptos para el uso de pasturas naturales, con especies de alto valor, cuando se las maneja adecuadamente, con fertilización siembra de especies valiosas.

Con respecto a la labranza de los suelos vertisoles, es dificultosa, ya que por su alto contenido en arcilla, en seco resultan muy duros y cuando están mojados muy plásticos y adhesivos. Por lo tanto se cuenta con un breve período (humedad óptima) para el trabajo de los mismos, dificultando aún más las labores.

Usos de los Molisoles

Los Molisoles vérticos tienen susceptibilidad a la erosión moderada, a excepción de los Argiacuales vérticos del noreste de la cuenca.

El uso y manejo está limitado por la erosión, por lo tanto la aptitud de estos suelos para el uso agrícola ganadero es restringida. También es reducida su capacidad productiva, comparada con la de los molisoles del suroeste de la provincia.

Es conveniente realizar rotaciones basadas en pasturas anuales (avena y sorgo) y perennes, y el uso reducido de cultivos de cosecha, en particular de los que protegen poco el suelo, como la soja.

La falta de piso de estos suelos, exige un pastoreo muy moderado (rotativo y diferido), y el encierre de animales durante los períodos lluviosos.

Para el uso agrícola requieren de prácticas de conservación, como terrazas, desagües vegetados, cultivos en franjas y en curvas de nivel, etc., en conjunto con prácticas agronómicas como rotaciones adecuadas, siembra entre líneas, y labranza mínima.

Usos de los Alfisoles

Los Alfisoles de las áreas planas, tienen una aptitud muy restringida para la mayoría de los sistemas de utilización o no la tienen. El exceso de agua superficial periódica, su deficiencia en veranos, y las características físico-químicas adversas, reducen su aptitud y su capacidad productiva.

Son suelos más aptos para el uso ganadero, basado en pasturas anuales (avena, sorgo, moha) y perennes, Uno de los principales problemas es la degradación de las praderas.

El manejo de los Alfisoles debe estar dirigido hacia el mejoramiento del horizonte superficial, aumentando el contenido de materia orgánica y de su capacidad de infiltración, a través de una mayor estructuración. Debe incluir prácticas que eviten el sobrepastoreo y reduzcan el pisoteo.

En cultivos los rendimientos son generalmente bajos; solo con lino y trigo es posible obtener en años excepcionales, rendimientos aceptables.

Las zonas planas no tienen energía erosiva, pero en área con pendientes de más de 1% estos suelos son muy susceptibles a ella, debido a la débil estabilidad estructural, el reducido espesor del horizonte superior y la permeabilidad baja. En lugares donde se practica pastoreo inadecuado, o el desmonte, se ha observado la formación de cárcavas profundas en pocos años, inutilizando las tierras para el uso agrario.

El bosque nativo, evita la erosión de estos suelos, por lo tanto, si se sigue desmontando el problema se agravará aún más. El control adecuado de la erosión es difícil, por lo que su uso debe reducirse a unas pocas posibilidades, que son rotaciones en base a pasturas anuales y perennes, con cultivos de cosecha como trigo, lino y sorgo; pero no maíz ni soja.

Usos de Inceptisol

La aptitud de las tierras de los valles fluviales está limitada principalmente por las inundaciones, las cuales pueden durar un tiempo prolongado. Prácticamente sólo existen posibilidades para el cultivo de arroz (especialmente en los esteros), y para la forestación con sauces y álamos. Esto requiere de prácticas especiales para proteger las plantaciones de las grandes y prolongadas inundaciones (INTA, 1984).

III.7 Caracterización Hidrológica de la Cuenca

(Modificado de García et al., 2009)

La disponibilidad de agua en la región es importante. Proviene de los ríos Paraná y Uruguay que se complementa con un régimen de lluvias abundantes.

Ríos menores y Arroyos aportan agua a la región en el norte y en el centro. Esta disponibilidad de agua está integrada también por los reservorios artificiales que son las represas construidas en campos ganaderos y agrícolas,

especialmente los dedicados al cultivo de arroz. En general, la calidad y cantidad de agua depende del recurso forestal.

Según interpretación de distintos autores, para un área de clima húmedo, el caudal base está en función directa del proceso de infiltración y ésta se ve favorecida, entre otros factores, por el grado y calidad de la cobertura vegetal. Los suelos forestales tienen una capacidad de infiltración cincuenta veces mayor que la de los suelos agrícolas y por lo tanto, actúan como enriquecedores del agua del subsuelo. Además, al reducir la escorrentía superficial, la fuerza y cantidad de los caudales es mucho menor que los originados en terrenos no boscosos.

Actualmente, como consecuencia del desmonte, las inundaciones y sequías se tornan incontrolables y se ven reducidas las aguas fluviales y del subsuelo.

La caracterización de la forma de una cuenca reviste una importancia práctica para el análisis hidrológico de ésta.

Existe en la bibliografía un sin número de indicadores que representan los distintos aspectos morfométricos de las mismas, por tal motivo se presentan índices clásicos ya conocidos y otros nuevos utilizados últimamente.

Estos índices permiten caracterizar el sistema físico y resultan de la incorporación del análisis de las componentes que conforman el sistema hidrológico.

La agrupación de los mismos seguirá lo realizado por Vich (1999), y las publicaciones de Agua y Energía Eléctrica y del curso de Gestión de Cuencas de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (2008).

La determinación de estos indicadores tiene como finalidad no solo la caracterización de una cuenca sino también su comparación con distintas unidades hidrológicas.

El estudio del régimen hídrico en una cuenca, requiere de la evaluación de sus características físicas y morfométricas. Las características físicas pueden ser de dos tipos; uno referido al carácter de las componentes físico- geográficas tales como localización, estructura geológica, cobertura vegetal y relieve, y el otro tipo que se relaciona con las características hidrometeorológicas: radiación solar, temperatura, evaporación y precipitación. Debido a la importancia de este último tipo, se estudia en forma independiente del resto de las características que constituyen el complejo físico-geográfico de la cuenca.

Ello se debe a que determinan el régimen hídrico de la cuenca y en especial, el de los valores extremos de escurrimiento; el resto, las físicas propiamente dichas y las morfométricas actúan únicamente como condicionantes (Vich, 1999).

III.7.1 Parámetros morfométricos de la cuenca

Las características morfométricas (Vich, 1999), son indicadores cuantitativos de los elementos de la cuenca que influyen en la magnitud y variabilidad de los procesos hidrológicos. Se agrupan en:

a) Parámetros geométricos: extensión, dimensiones y forma.

b) Parámetros de relieve: altitudes y pendientes.

c) Parámetros de la red hidrográfica: características del cauce principal, perfil longitudinal, pendiente del cauce principal, densidad de drenaje, constante de mantenimiento del canal, frecuencia de canales, etc.

III.7.1.1 Parámetros Geométricos

a) Parámetros geométricos: nos permiten caracterizar la cuenca desde el punto de vista de su similitud con las dimensiones geométricas conocidas como ser las de un círculo, y sobre el cual podemos cuantificar, perímetro, área, forma, etc. Para realizar de manera clara y ordenada dichas dimensiones se han agrupado por diferentes autores de la siguiente forma:

a.1) Longitud de la divisoria de aguas o Perímetro: P_u esta característica tiene influencia en el tiempo de concentración de la cuenca, que es el tiempo que tarda una gota de agua que cae en el punto más alejado de la misma en llegar a la desembocadura y se expresa en km.

a.2) Longitud media acumulada de todos los cauces de distinto orden: L_1 (se expresa en km).

Cálculo del parámetro $L_1 = 4163,58$ km

a.3) Largo de la Cuenca o Cuerda: L_2 (distancia que existe entre la desembocadura y punto más alejado, localizado sobre la divisoria, y se expresa en km).

Cálculo del parámetro $L_2 = 169,88$ km

a.4) Longitud del cauce principal: L_3 (distancia desde el punto de cierre de la cuenca hasta su intercepción proyectada aguas arriba con la divisoria, y se expresa en km).

Cálculo del parámetro $L_3 = 264,15$ km

a.5) Área Total de la Cuenca: A_u (es aquella cuyas precipitaciones son evacuadas por un sistema común de cauces de agua, comprendida entre el punto donde se encierran las evacuaciones hasta la desembocadura y se expresa en km^2).

a.6) Ancho Promedio de la Cuenca: W_u (relación que existe entre el área y el largo de cuenca, usando generalmente la cuerda, que une la salida con el punto más alejado de la cuenca).

$$W_u = A_u / L_2$$

siendo: A_u : área de la cuenca o superficie de la misma en km^2

L_2 : largo de la cuenca o cuerda en km

Cálculo del parámetro con los valores de la cuenca: $A_u = 8198,77 \text{ km}^2$

$L_2 = 169,88$ km

Ancho promedio de la cuenca: $W_u = 48,26$ km

a.7) Perímetro: P_u (esta característica tiene influencia en el tiempo de concentración de la cuenca). Es el tiempo que tarda una gota de agua que cae en el punto más alejado de la desembocadura en llegar a la misma y se expresa en km.

Perímetro de la cuenca: $P_u = 620,44$ km

a.8) Forma: Determina la distribución de las descargas de agua a lo largo del curso principal y es en gran parte responsable de las características de la forma del hidrograma de escorrentía. Es expresada por Índice de Compacidad (K_c), Relación de Circularidad (C), Relación de Elongación (E); Factor de Forma (F_t), Coeficiente de Forma e Índice Lemniscata (Le).

a.8.1) Índice de Compacidad, K_c : Gravelius, en 1914 (Vich, 1999), es el primero en intentar cuantificar la influencia de la cuenca a partir de un valor numérico. Si en una cuenca las áreas tributarias se encuentran organizadas de una manera tal que el agua tenga que recorrer distancias relativamente iguales, su descarga se realiza con mayor rapidez y sus picos de crecienta son de mayor magnitud, respecto de otra cuenca de diferente distribución areal. Es por ello que Gravelius expresa cuantitativamente la forma sobre la base de una cuenca ideal donde relaciona el perímetro de la de la cuenca, P_u , con el perímetro del círculo P_c cuya área A_c , es igual a la de la cuenca A_u .

Llegando a la expresión de cálculo del Índice:

$$K_c = 0.28 \frac{P_u}{\sqrt{A_u}}$$

Donde: P_u : Perímetro de la cuenca en km

A_u : Superficie de la cuenca en km^2

Cuando $K_c = 1.0$ la cuenca posee la forma exacta de un círculo, lo que indicaría la tendencia a concentrar fuertes volúmenes de agua de escurrimiento;

en cambio cuanto más alargada sea la superficie, más amplio será el mismo y menos concentrado será la salida del pico de escurrimiento (Tabla III.4).

Cálculo del parámetro con los valores de la cuenca: $A_u = 8198,77 \text{ km}^2$

$$P_u = 620,44 \text{ km}$$

Índice de Compacidad $K_c = 1,91$

Tabla III.4. Índice de Compacidad

K_c	Forma
< 1,25	Redonda a oval redonda
1,25 – 1,50	De oval redonda a oval oblonga
1,50 – 1,75	De oval oblonga a rectangular oblonga
>1,75	Rectangular

Fuentes: Junco (2004) modificada por Duarte (2008)

K_c para la cuenca en estudio es de 1,91, lo que indica que la cuenca presenta forma rectangular, lo que implica que la misma no concentra fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento.

a.8.2) Relación de circularidad, C: Está definida por el cociente entre el área de la cuenca A_u y la superficie del círculo A_c que posee igual perímetro P_u que la unidad en estudio.

$$C = \frac{4\pi A_u}{P_u^2}$$

Cálculo del parámetro con los valores de la cuenca: $A_u = 8198,77 \text{ km}^2$

$$P_u = 620,44 \text{ km}$$

Relación de circularidad **C:** 0,26

Cuando **C** se aproxima a 1, la forma de la cuenca tiende a la del círculo, y constituye un indicador de la tendencia de cuencas pequeñas sobre terrenos de la

misma naturaleza a preservar la similitud geométrica (Shuh Shiao Lo, 1992). Miller (cit. Strahler, 1964) ha encontrado que para cuencas muy alargadas valores de 0,4 y 0,5.

a.8.3) Relación de Elongación, E: Schumm la definió como el cociente entre el diámetro de un círculo de la misma área de la cuenca A_u y la mayor longitud de ella L .

$$E = \frac{\sqrt{\frac{4A_u}{\pi}}}{L}$$

L : longitud de la cuerda o la longitud del cauce principal proyectada hasta la divisoria de aguas, o la longitud acumulada de los cauces L_1 .

Cálculo del parámetro con los valores de la cuenca: $A_u = 8198,77 \text{ km}^2$

$$L_2 = 169,8 \text{ km}$$

Relación de Elongación: $E = 0,60$

a.8.4) Factor de forma: Es la relación entre el ancho medio de la cuenca (W_u) y la longitud de la cuerda. Fue empleado por Horton, y su recíproco, el índice de forma, fue usado por el U.S. Army Corps of Engineers junto con el factor unitario de forma de Vich (1999).

Una cuenca con factor de forma bajo, está sujeta a menos crecientes que otra del mismo tamaño pero con factor de forma mayor.

$$F_f = \frac{W}{L_2} \quad \textbf{Factor de Forma}$$

$$I_f = \frac{1}{F_f} \quad \textbf{Índice de Forma}$$

$$F_u = \frac{L_2}{\sqrt{A_u}} \quad \textbf{Factor unitario de Forma}$$

W: ancho medio de la cuenca

A_u: área de la cuenca

L₂: longitud de la cuerda

Cálculo del Parámetro con los datos de la cuenca: W_u= 48,26 km

L₂= 169,88 km

A_u= 8198,77 km

Factor de Forma: F_f = 0,28

Indice de Forma: I_f= 3,57

Factor unitario de Forma: F_u = 1,87

a.8.5) Índice de Lemniscata, L_e. Este índice fue desarrollado por Chorley, Maln y Pogorzelski en 1957 (Vich, 1999) para medir el grado de aproximación de la forma de la cuenca a la figura geométrica lemniscata. Dicha figura posee la forma de una pera. Su expresión es la siguiente:

$$L_e = p = \frac{\pi L_2^2}{4 A_u}$$

Cuando el parámetro de redondez **p** es igual a la unidad, la cuenca se aproxima a un círculo.

Cálculo del parámetro con los datos de la cuenca: L₂= 169,88 km

A_u= 8198,77 km²

Indice de Lemniscata: L_e = 1,87

III.7.1.2 Parámetros de Relieve

b) Parámetros de relieve: el análisis de los mismos sobre la cuenca, se realiza por su influencia en los procesos de escorrentía superficial, erosión hídrica, infiltración, etc.

Para caracterizar una cuenca, desde el punto de vista de su relieve se utilizan los siguientes parámetros:

b.1) Curva hipsométrica

b.2) Rectángulo equivalente

b.3) Pendiente media de la cuenca **Ic**

b.4) Altura Media **H_m**

b.5) Coeficiente de Masividad **CM**

b.6) Coeficiente Orográfico **CO**

b.1) Curva hipsométrica: Relaciona el área de la cuenca proyectada sobre un plano horizontal y la altura por encima de un nivel de referencia, para lo cual se colocan en abscisas las superficies por encima de distintas cotas, y en ordenadas la elevación correspondiente a dicha cota. En general se utilizan porcentajes del área total y de altitudes, para poder realizar una comparación entre cuencas (Tabla III.5).

Tabla III.5. Curva Hipsométrica – Rectángulo Equivalente

Área (%)	Altitud (m)
0	80
1,08	70
4,47	60
15,35	50
39,03	40
81,22	30
100	20

b.2) Rectángulo Equivalente: Es la transformación geométrica de la cuenca en un rectángulo de perímetro, superficie, índice de compacidad y

repartición altimétrica idéntica. Las curvas altimétricas se convierten en rectas paralelas al lado menor, donde los lados menores representan las cotas extremas (cota máxima y cota de salida) de la cuenca.

Para el trazado del rectángulo equivalente se requieren dos dimensiones: el lado mayor, L_{RE} y el lado menor, l_{RE} y se obtiene con las siguientes expresiones:

$$L_{RE} = \frac{K_c \cdot \sqrt{A_u}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_c} \right)^2} \right]$$

$$l_{RE} = \frac{K_c \cdot \sqrt{A_u}}{1.12} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_c} \right)^2} \right]$$

Cálculo de los lados del rectángulo con los datos de la cuenca: $A_u = 8198,77 \text{ km}^2$

$$K_c = 1,91$$

$$L_{RE} = 279,49 \text{ km}$$

$$l_{RE} = 29,33 \text{ km}$$

Las expresiones anteriores deben verificar las siguientes igualdades:

$$L_{RE} + l_{RE} = \frac{P_u}{2} \qquad L_{RE} \cdot l_{RE} = A_u$$

Cálculo de las igualdades con los valores obtenidos: $L_{RE} = 279,49 \text{ Km}$

$$l_{RE} = 29,33 \text{ Km}$$

$$A_u = 8198,77 \text{ km}^2$$

$$P_u = 620,44 \text{ Km}$$

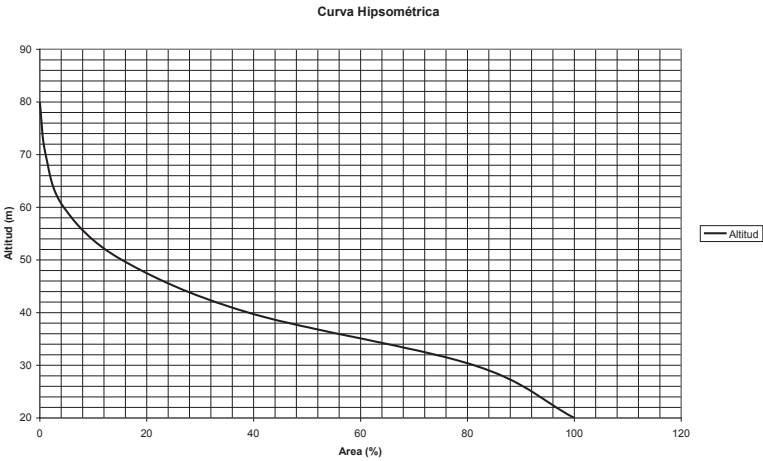
Con los datos obtenidos se verificó las igualdades y con esta información se dibuja un rectángulo de base L_{RE} (lado mayor) y altura l_{RE} (lado menor). Posteriormente se calculan los cocientes A_i/l_{RE} , donde A_i es el área de las fajas hipsométricas sobre una determinada cota. Del rectángulo equivalente se deduce

un índice adimensional de relieve llamado Índice de pendiente I_p , cuya expresión está dada por:

$$I_p = \left[\sum_{i=2}^n \sqrt{\beta_i (h_i - h_{i-1})} \right] \cdot \frac{1}{\sqrt{L_{RE}}}$$

donde: **n** es el número de curvas de nivel existentes en el rectángulo, incluidas las extremas; β_i es la fracción de la superficie total de la cuenca comprendida por la cotas, h_i y h_{i-1} o superficie de la faja hipsométrica es la longitud del lado mayor del rectángulo equivalente (Girh y Fich, 2008) (Figura III.23-24).

$$I_p = 0,5961$$



RECTÁNGULO EQUIVALENTE

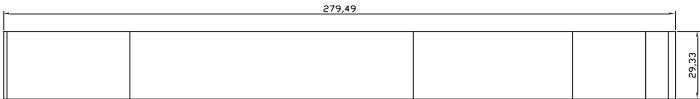


Figura III.23. Curva Hipsométrica – Rectángulo Equivalente.

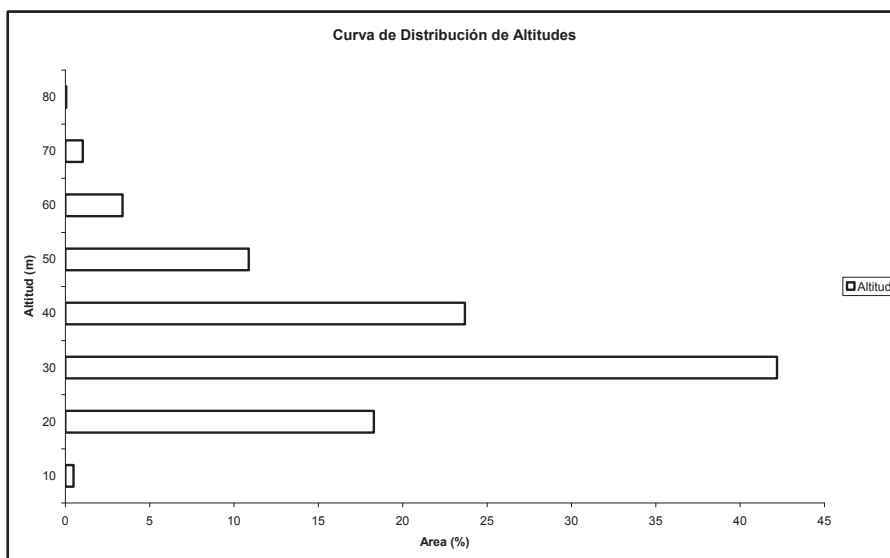


Figura III.24. Curva de Distribución de Altitudes.

b.3) Pendiente media de la cuenca, I_c (factor esencial en el escurrimiento superficial). Heras (1972) establece que la pendiente media de la cuenca está dada por la media ponderada de las pendientes de todas las superficies elementales que contribuyen al escurrimiento.

Existen diferentes métodos para determinar la pendiente media de la cuenca; uno de ellos considera la ponderación de los valores elementales de pendientes entre curvas de nivel, a partir de la magnitud del área encerrada por dichas curvas. Para su aplicación se divide la cuenca en fajas altimétricas, igual que para la determinación de la curva hipsométrica.

$$I_c = \frac{\sum_{i=1}^n (h_i l_i)}{A_u}$$

donde: h_i es el desnivel de la faja i ; l_i es la longitud media de las curvas de nivel que encierran a la faja i ; A_u es la superficie total de la cuenca. Según Heras (1972), de acuerdo a las categorías de pendientes medias, los terrenos tienen distintas denominaciones, tal como se presenta en la Tabla III.6.

Cálculo del parámetro con los datos de la cuenca: $L = \Sigma(l_i) = 5431,18 \text{ km}$

$$A_u = 8198,77 \text{ km}^2$$

$$h = 20 \text{ m (cte.)}$$

Como h_i es constante, la ecuación (I.9) se transforma en: $I_c = h \frac{\sum_{i=1}^n (l_i)}{A_u}$

Pendiente media de la cuenca $I_c = 1,32\%$

Tabla III.6. Clasificación del terreno según I_c

I_c (%)	<i>Tipo Terreno</i>
0 a 3	Llano
3 a 7	Suave
7 a 12	Medianamente accidentado
12 a 20	Accidentado
20 a 25	Fuertemente accidentado
35 a 50	Muy fuertemente accidentado
50 a 75	Escarpado
> 75	Muy escarpado

Se puede observar que la Cuenca del Feliciano posee, de acuerdo a la Tabla III.6, un terreno de tipo llano.

b.4) Altura media, H_m (es un valor característico para la determinación de la curva hipsométrica, y corresponde a la ordenada del 50% del área total de la cuenca).

$$H_m = 37 \text{ m}$$

b.5) Coeficiente de Masividad, CM (este coeficiente permite diferenciar cuencas de igual altura media pero de relieve distinto y fue establecido por De Maronne (Vich, 1999) como la relación entre la altura media, H_m , y la superficie de la cuenca, A_u). Se determina de la siguiente forma:

Cálculo del parámetro con los datos de la cuenca: $H_m = 37 \text{ m}$

$$A_u = 8198765351,59 \text{ m}^2$$

$$CM = \frac{H_m}{A_u}$$

$$\text{Coeficiente de Masividad: } \mathbf{CM} = \text{tg } \alpha = 4,51 \cdot 10^{-9} \text{ m}^{-1}$$

El CM es una medida de la pendiente de la cuenca, pero puede suceder que dos cuencas tengan el mismo CM pero sean de distinta H_m , por lo que para definir mejor la capacidad erosiva de la misma sea necesaria también la determinación del coeficiente orográfico (CO).

b.6) Coeficiente Orográfico, CO (este parámetro ha sido empleado para definir el relieve como factor de erosión hídrica y se aplica en estudios para el cálculo de la degradación específica de cuencas). Se expresa como:

$$CO = H_m CM$$

Fournier (1960) ha establecido que un valor superior a $6 \text{ E-}03$, indica un relieve acentuado, expresado H_m en (m) y CO en (m^{-1}).

Cálculo del parámetro con los datos de la cuenca: $H_m = 37 \text{ m}$

$$CM = 4,51 \cdot 10^{-9} \text{ m}^{-1}$$

$$\text{Coeficiente Orográfico: } CO = 1,66 \cdot 10^{-7}$$

El valor obtenido de CO nos indica que nuestra cuenca posee de bajo a moderado potencial de erosión hídrica.

III.7.1.3 Parámetros de la red hidrográfica

c) Parámetros de la red hidrográfica: Establecer una jerarquía u ordenamiento de los distintos cauces que componen la red de drenaje constituye un aspecto fundamental en su análisis, lo cual se logra con la determinación de los siguientes parámetros:

c.1) Características del cauce principal: El cauce principal es la corriente más importante del sistema de drenaje y sirve para realizar inferencia sobre las condiciones generales del escurrimiento en la cuenca. Para caracterizarlo se

utiliza la longitud, que es la medida sobre un mapa, desde el nacimiento hasta la desembocadura de la cuenca. Se expresa en km.

Perfil longitudinal y pendiente del cauce principal: el perfil longitudinal de un río se construye sobre la base de los datos de la longitud y las altitudes por cada segmento. La pendiente entre dos puntos cualesquiera del río está dada por el cociente entre la diferencia de las cotas y la distancia en proyección horizontal que los separa. La pendiente de un canal influye sobre la velocidad del flujo de agua. Los diferentes canales que conforman la red de drenaje poseen cada uno de ellos un perfil diferente; por esta razón, en la definición de pendiente promedio de los cauces de una cuenca se considera, generalmente, la pendiente del cauce principal, I_{cp} .

I_{cp} : 0,23 m/km, valor bajo, lo que justifica que el escurrimiento superficial es moderado y corresponde a un río de llanura (Figura III.25).

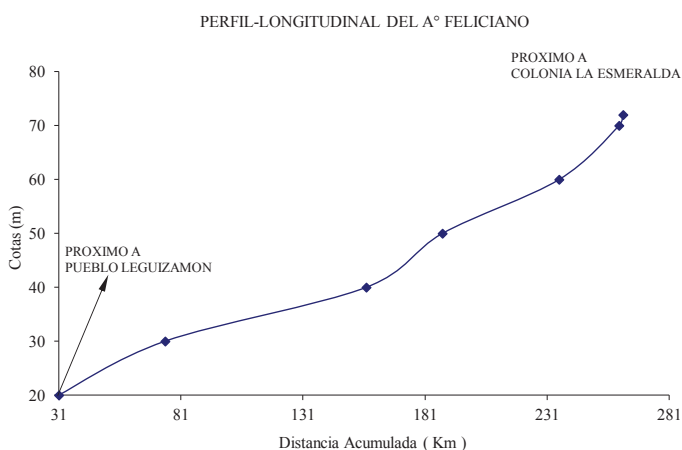


Figura III.25. Perfil Longitudinal del Arroyo Feliciano.

Densidad de drenaje, D_d (es un índice que cuantifica el grado de desarrollo de una red hidrográfica). Se define como el cociente entre la longitud total de los cursos de agua en una cuenca dada, L_t y su área, A_u .

$$D_d = \frac{L_t}{A_u}$$

Cálculo del parámetro con los datos de la cuenca: $L_t = 4163,58 \text{ km}$

$$A_u = 8198,77 \text{ km}^2$$

Densidad de Drenaje, $D_d = 0,50 \text{ km/km}^2$

Valores de D_d próximos a $0,5 \text{ km/km}^2$ o mayores indican la eficiencia de la red de drenaje.

La red de drenaje toma sus características, influenciada por las lluvias y la topografía, por esto se tiene que para un valor alto de D_d corresponden grandes volúmenes de escurrimiento, al igual que mayores velocidades de desplazamiento de las aguas, lo que producirá ascensos de las corrientes.

En períodos de estiaje se esperan valores más bajos del caudal en cuencas de alta densidad de drenaje y de fuertes pendientes, mientras que en cuencas planas y de alta densidad de drenaje, se espera estabilidad del régimen de caudales, debido al drenaje subsuperficial y al aporte subterráneo.

Constante de mantenimiento del canal, C_k fue definido por Schumm (1956) como el área mínima necesaria para el desarrollo de una unidad de longitud de cauce. Se halla como el cociente entre el área de la cuenca, A_u , y la longitud total de los cauces, L_t , y es el recíproco de la densidad de drenaje.

$$C_k = \frac{A_u}{L_t} = \frac{1}{D_d}$$

Cálculo del parámetro con los datos de la cuenca: $D_d = 0,50 \text{ km/km}^2$

Constante de mantenimiento del canal: $C_k = 2 \text{ km}^2/\text{km}$

III.7.2 Aguas Superficiales

La provincia de Entre Ríos forma parte de la Gran Cuenca del Plata, el cual por su caudal, es uno de los más importantes del mundo.

La Cuenca del Plata tiene más de 3.000.000 km² (OEA, 1971) y se extiende por territorios de Brasil (1.415.000 km²), Argentina (920.000 km²), Paraguay (410.000 km²), Bolivia (205.000 km²) y Uruguay (150.000 km²). Sin embargo, su cuenca en sentido estricto comprende alrededor del 4% de la superficie total, siendo el resto distribuido en tres grandes unidades hidrográficas correspondientes a los ríos Paraná, Paraguay y Uruguay.

La descarga anual del Río de la Plata (470 km³/año) lo ubica en el noveno lugar en el mundo y tercero en el continente sudamericano (Milliman y Meade, op.cit.), luego del Amazonas (6.300 km³/año) y Orinoco (1.100 km³/año). Aproximadamente el 75% de ese caudal es provisto por el río Paraná. El Río de la Plata aporta al Océano Atlántico más de 100 millones de toneladas de sólidos suspendidos al año. La mayor parte de la carga sólida en suspensión del Río de la Plata proviene del río Bermejo, siendo posteriormente transportada por el río Paraguay y finalmente por el Paraná (Secretaría de Minería de la Nación, 2006).

El río Paraná se origina en el sudeste de Brasil, en las sierras de los Pirineus y Mantequeira (alta cuenca). En esta región tiene una red de desagüe bien desarrollada y un caudal medio de aproximadamente 12.500 m³/seg, por lo que es la que recibe las mayores precipitaciones. El caudal aumenta de octubre a marzo, y disminuye entre agosto y septiembre. En la cuenca media e inferior la pendiente es leve (4 cm/km) y el ancho del río va disminuyendo, de 4200 m en Corrientes a 2300 m en Santa Fe y 2000 m en Rosario. El ancho del área inundable se extiende casi completamente sobre la margen oeste del río, que es más baja y varía entre 13 km en Corrientes y 56 km en Rosario-Victoria (Duarte y Díaz, 2006).

La cuenca del Arroyo Feliciano es tributaria del río Paraná en su curso medio y presenta un caudal medio de 52,93 m³/seg (EVARSA, 2002). Tiene una gran capacidad de avenamiento (0,51 km/km²), resultado de suelos pesados y precipitaciones anuales por encima de los 1100 mm (Duarte et al., 2005).

El Arroyo Feliciano es el colector de uno de los principales sistemas fluviales de la provincia. Es de carácter permanente y su curso principal se desarrolla por un valle recto de 258,87 km de longitud al que confluyen 11 tributarios principales por su margen izquierda y sólo el Arroyo Estacas (departamento La Paz) lo hace por la derecha, luego de escurrir paralelamente al Arroyo Feliciano por más de 40 km (INTA, 1993). Corre por una llanura aluvial de contornos irregulares; su cauce tiene un ancho variable entre los 40 y 120 metros. La divagación del cauce es relativamente escasa (Iriondo et al., 1985).

En el sector nordeste, el nacimiento del Arroyo Feliciano tiene rumbo general este-oeste. Las áreas drenadas por este curso de agua y sus afluentes están caracterizadas por pendientes generales muy largas y suaves, con manifiestos síntomas de drenaje interno impedido. Luego, el rumbo general se torna nordeste-suroeste, manifestando igualmente problemas de drenaje deficiente, pero con menor intensidad que en el área anterior (INTA, 1986).

Del total de cursos, sólo 76 se caracterizan por tener un régimen permanente, siendo mayoría los de régimen no permanente.

Dentro de la cuenca del Feliciano se destacan por la magnitud de su curso, los arroyos y cañadas que se muestran en la Tabla III.7.

Tabla III.7. Arroyos y cañadas de la Cuenca del Arroyo Feliciano.

NOMBRE	TIPO	RÉGIMEN	LONG. (km)
FELICIANO	Arroyo	permanente	258,87
ESTACAS	Arroyo	no permanente	68,43
DON GONZALO	Arroyo	permanente	58,85
ALCARAZ	Arroyo	no permanente	53,73
ESTACAS	Arroyo	no permanente	47,28
ATENCIO	Arroyo	permanente	42,88
BANDERAS	Arroyo	no permanente	41,59
DE LAS ACHIRAS	cañada	permanente	40,79
SAUCE	Arroyo	permanente	39,12
PUERTO	Arroyo	permanente	32,39
MOLLE	Arroyo	no permanente	31,06
CARRASCO	Arroyo	permanente	30,52
DEL YESO	Arroyo	permanente	29,27
VIZCACHAS	Arroyo	no permanente	28,84
TUNAS	Arroyo	no permanente	26,91
CARPINCHORI	Arroyo	permanente	25,09
EL COLORADO	Arroyo	no permanente	24,11
LA ROSA	Arroyo	permanente	22,38
SAN FRANCISCO VEGA	Arroyo	permanente	22,29
QUEBRACHO	Arroyo	permanente	22,21
TIBIRI O DEL PUERTO	Arroyo	permanente	20,56
SORDO	cañada	no permanente	20,41
TALITAS	Arroyo	no permanente	18,74

TASES	Arroyo	permanente	18,59
PAJAS BLANCAS	Arroyo	permanente	18,49
GRANDE	Arroyo	no permanente	18,08
VIBORAS	Arroyo	no permanente	16,38
GRANDE DE VIBORAS	cañada	permanente	16,08
DEL LEGO	Arroyo	no permanente	15,86
SARANDI	Arroyo	permanente	15,48
MACIEGAS	Arroyo	no permanente	15,34
LAS PALMITAS	Arroyo	permanente	14,14
CURUPI			13,74
SAUCE	Arroyo	no permanente	13,64
CHAÑAR	Arroyo	no permanente	13,44
SAUCE RALERO	Arroyo	no permanente	13,28
RAMBLONES	Arroyo	no permanente	12,81
CAMPAMENTO	Arroyo	no permanente	12,79
DEL MEDIO	Arroyo	permanente	12,60
CHIMANGO	Arroyo	no permanente	12,31
BARZOLA	Arroyo	no permanente	12,25
PERU	Arroyo	permanente	12,08
CAPIBARAS	Arroyo	permanente	11,92
EL DURAZNO	Arroyo	no permanente	11,87

III.7.2.1 Red de avenamiento

El sistema de avenamiento, el patrón que configura al afluente principal, es rectangular a semirrectangular, es decir, que se insertan en ángulos rectos. Éste patrón denota condiciones climáticas áridas a semiáridas (que no son las

actuales), y manifiesta una condición heredada posiblemente del período de sedimentación de loes en otras áreas de la provincia. Con respecto al patrón que configuran los afluentes secundarios, es rectangular y subdendrítico, indicando que son cursos labrados sobre paisajes suaves con formaciones sedimentarias bastante uniformes que drenan de áreas altas con sedimentos no diagenizados, hacia áreas con leve control estructural (INTA, 1986).

El Arroyo Feliciano es un curso de agua permanente que nace en el nordeste del departamento de su mismo nombre, en la cota de 75 m.s.n.m. y desemboca en el río Paraná a una cota aproximada de 20 m.s.n.m., tiene una pendiente media de 0,03%, en su sección superior.

La baja intensidad de su pendiente contribuye a la formación de depósitos de cauce, indicando la existencia de algunos procesos de erosión dentro de su cuenca. Su valle de inundación es de fondo plano con gran cantidad de meandros estrangulados y abandonados, esteros y albardones, que señala una etapa de ampliación de su llanura aluvial que tiene 0,5 km de ancho en sus nacientes y 2 km en su tramo final (INTA, 1986).

La subcuenca derecha (norte) es una delgada franja que acompaña en su mayor parte el recorrido del Arroyo Feliciano, en donde sobresale el Arroyo Estacas, que en sus 68,43 km va juntando y drenando un área importante en el segmento medio de la cuenca. Esta subcuenca tiene 38.000 ha drenadas por 39 cursos de agua de segundo orden, con longitud media de 5,3 km y 5,1 cursos de agua cada 5000 ha de superficie. Las pendientes principales, divisorias de agua entre cursos de segundo orden, tienen intensidades medias de 0,45% con longitudes oscilantes entre 2 y 3,5 km.

La subcuenca izquierda (sur) tiene 145.600 ha drenadas por 24 cursos de segundo orden con longitudes medias de 20 km y 0,8 cursos cada 5000 has de superficie. Las pendientes principales, divisorias de agua entre cursos de segundo orden, tienen intensidades medias de 0,17% con longitudes que oscilan entre 7 y 10 km. Esta subcuenca izquierda posee la mayor cantidad de cursos, notándose

que la densidad de los mismos aumenta hacia el sur de la cuenca. Se destacan por el área de captación que escurren los Arroyos Don Gonzalo, Alcaraz, Estacas 2, Atencio, Banderas y De La Achiras.

Desde el punto de vista geomorfológico e hidrológico, el sistema presenta una característica bien diferenciada ya que su cuenca es asimétrica.

Es probable que tanto la condición de asimetría del valle como de la cuenca imbrífera, así como también el patrón de drenaje claramente rectangular, estén reflejando un control estructural de este sistema de drenaje. Otro elemento de juicio importante que avala esta hipótesis, lo constituyen las pendientes iniciales, las cuales son considerablemente más largas en la subcuenca sur, con respecto a la norte. Por otra parte, se aprecia que los valles de los afluentes son más anchos y, por ende, más evolucionados en la subcuenca sur.

III.7.2.2 Hidrología superficial

Existen registros de las alturas del Arroyo Feliciano correspondientes a dos estaciones de medición, las cuales son Paso Medina, que cuenta con datos del año 1975 al 2000, y Paso Quebracho, con datos de 1991 al 2000.

Como puede observarse en el mapa de la Figura III.26, ninguna de las estaciones de aforo se sitúa sobre la desembocadura del Arroyo Feliciano sobre el Paraná, sino que lo hacen aguas arriba, por lo que es de estimar que los caudales y las alturas en la realidad deben ser mayores comparado con los datos expuestos. No obstante, estas mediciones son útiles a los fines de analizar los patrones de crecidas, y su relación con las precipitaciones.

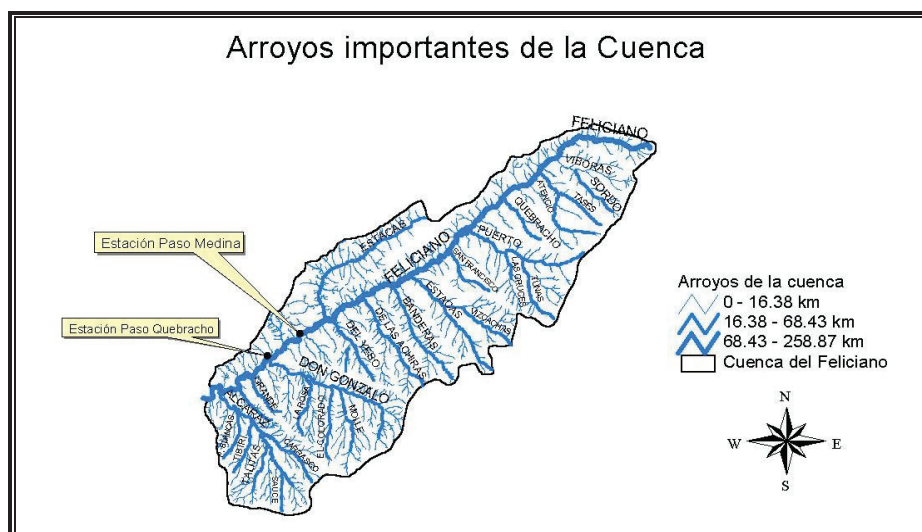


Figura III.26. Estaciones de aforo del Arroyo Feliciano (Estación Paso Medina y Paso Quebracho)

Las alturas medidas en Paso Quebracho son mayores, debido a que el área de captación en esta sección, es mayor que en Paso Medina. A continuación se muestran las fluctuaciones de alturas promedios en el año (Figura III.27 y Figura III.28).

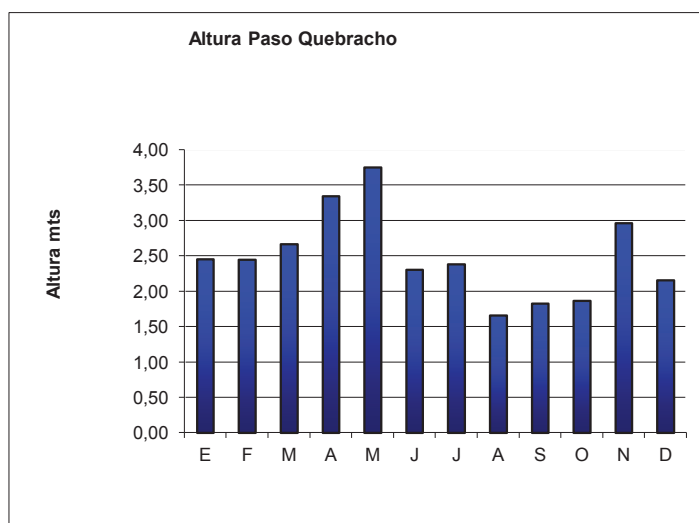


Figura III.27. Alturas promedios mensuales en Paso Quebracho.

Fuente: EVARSA, 2002.

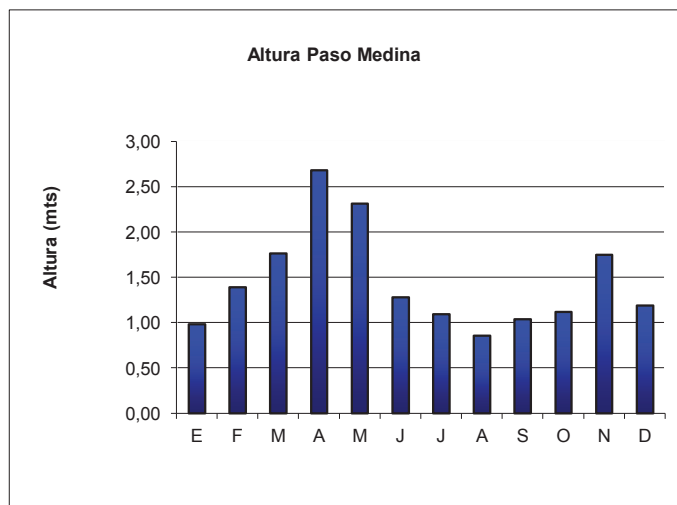


Figura III.28. Alturas promedios mensuales en Paso Medina.

Fuente: EVARSA, 2002.

A continuación, se presenta la curva de caudales medios en m^3/seg , la cual se encuentra íntimamente relacionada con los patrones de creciente y decreciente vistos en los gráficos de altura (Figura III.29).

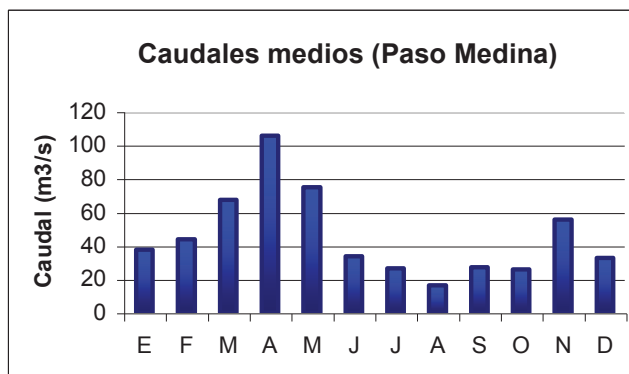


Figura III.29. Caudales medios mensuales en Paso Medina.

Fuente: EVARSA, 2002.

Esta curva, sigue un patrón similar al de la curva de precipitaciones normales en la región, aunque con un pico más marcado en el otoño, específicamente en el mes de abril con $105,5 \text{ m}^3/\text{seg}$. A esto le sigue un ritmo decreciente hasta las proximidades de Agosto ($16,24 \text{ m}^3/\text{seg}$), con un leve

repunte en septiembre-octubre, para llegar a un segundo pico en noviembre de 55,6 m³/seg. En diciembre hay una baja, y enero comienza una crecida sostenida hacia el otoño.

Para la descripción del ritmo de crecidas anuales, se utilizan los datos de medias anuales en Paso Medina, por contar con una serie más prolongada (1975 – 2000). En este período se han producido crecidas significativas como las de los años 1997/98 con 134,5 m³/seg., 1980/81 con 67,05 m³/seg., 1989/90 con 56,99 m³/seg., y 1985/86 con 55,98 m³/seg.

Los períodos con los caudales mínimos fueron 1996/97 con 4,95 m³/seg., y 1981/82 con 10 m³/seg.

Los valores de Caudal específico (ls/seg/km²) para Paso Medina, tuvieron un promedio de 7,33, un mínimo de 0,89, y un máximo de 24,19. La lámina escurrida sobre la cuenca fue de 231,3 mm, un mínimo de 28,08 mm, y un máximo de 762,7 mm.

El derrame anual medido para esta sección tiene una media de 1287 Hm³, un mínimo de 156,2 Hm³ y un máximo de 4242 Hm³.

Como valor máximo diario histórico se destaca el caudal de 2248,42 m³/seg.

Los datos de Altura, Caudales, Caudal específico, lámina escurrida y derrame anual, fueron obtenidos de EVARSA (2000).

III.7.3 Aguas Subterráneas

Los suelos que contienen los acuíferos se clasifican en:

Acuícludos: cuando almacenan agua pero no la transmiten a capas inferiores.

Acuitardos: almacenan el agua, y la transmiten lentamente.

Acuífero: almacena agua y es capaz de transmitirla.

Acuífugo: no almacena agua, y no puede transmitir.

Los acuíferos se clasifican en:

Acuífero libre: su parte superior está en equilibrio con la presión atmosférica.

Acuífero confinado: el agua está retenida en el techo por un acuicludo o por un acuífugo.

Acuífero semiconfinado: es aquel que tiene al techo un acuitardo, del cual puede recibir por goteo agua para reponer la extracción de volúmenes por perforaciones (Díaz y Duarte, 1998).

Luego de la descripción de las unidades que conforman la columna estratigráfica de la región, que contienen los acuíferos, de los cuales los más importantes para riego, bebida humana ó animal, en la Cuenca son; la Formación Hernandarias, la F. Ituzaingó y la Salto Chico.

Formación Hernandarias. Es un manto de espesor variable con un promedio de 30 metros. Cubre las arenas de las Formaciones Ituzaingó y Salto Chico. Está constituida por limos, arcillas y niveles yesíferos; es poco productiva, con niveles piezométricos pobres y muy próximos a la superficie, oscilando entre 3 y 10 metros de la misma.

Es un acuicludo, excepto en la capa más alta (entre los 5 y 10 metros), donde capas delgadas de arenisca grisácea pueden formar un acuitardo, que puede suministrar entre 1 y 2 m³/hora, sólo para demandas domésticas y para las necesidades de los animales (Michelson y Haim, 1999).

Formación Ituzaingó. Este acuífero se localiza en el noroeste de la provincia, y es el que representa en mayor proporción a la cuenca del Arroyo Feliciano.

Es de origen fluvial, caracterizado por Santi y María (1995) como acuífero semiconfinado, en donde está cubierta por el manto limo-arcilloso de Hernandarias.

La fuente de aprovisionamiento la constituye las arenas de la Formación Ituzaingó y en parte, las arenas superiores de la Formación Paraná. Las aguas son de tipo bicarbonatado sódico y en menor proporción sulfatado sódico, con salinidades de moderadas a altas, según trate de uno u otro caso. Los rendimientos son moderados (Fili et al., 1994).

Tiene un espesor de 20 a 40 metros. Este acuífero es limitado con valores de transmisión (T) de 540 m²/día (Avigdor) hasta 850 m²/día (Bovril). Con un espesor de 30 a 40 metros de la capa acuífera, condice a valores permeables (k) 15 – 20 m/día para dicho acuífero (Michelson y Haim, 1999).

La Formación Ituzaingó constituye el acuífero de donde se extrae agua la mayoría de los pozos de la región. El mismo se encuentra limitado en su capacidad por hallarse cubierta por la Formación Hernandarias, que es un acuícludo a acuitardo de transmisión lenta.

Formación Salto Chico. Este acuífero ocupa una ancha faja de norte a sur, en el sector oriental de la provincia, pero dentro de la cuenca abarca una pequeña área, bajo la cabecera del Arroyo Feliciano.

La Formación está integrada por depósitos fluviales de granulometría variada y espesor es que llegan a superar los 100 metros. Es portadora de un acuífero de alto rendimiento y baja salinidad. En su explotación se sustenta gran parte de la producción arroceras provincial (Fili et al., 1994).

Con respecto a la recarga del acuífero Salto Chico, se ha determinado que los niveles estáticos locales se recuperan, siendo ello, un indicador de la estrecha relación del acuífero con el ciclo externo, siendo recargado a partir de precipitaciones.

III.8 Descripción de la Fauna

La fauna de la región de bosque nativo en la Cuenca del Arroyo Feliciano, se encuentra en otras regiones de la Provincia, y su presencia responde a distintos paisajes.

Las especies comunes a lo largo de toda su extensión son la vizcacha (*Lagostomus maximus*) y también el zorro gris pampeano (*Dusicyon gymnocercus*). Deben mencionarse el carpincho (*Hydrochaeris hydrochaeris*), los yacarés (*Caimán spp.*), el lobito de río (*Lutra platensis*) y la nutria (*Myocastor coypus*). También se halla el ñandú (*Rhea americana*) y el viracho (*Ozotoceros bezoarticus celer*).

Otros mamíferos son el tatú (*Cabassous chacoensis*), el peludo (*Chaetophractus villosus*), la mulita (*Dasypus hybridus*), el tatú carreta (*Priodontes maximus*), el gato montés (*Oncifelis geoffroyi paraguayae*) y el zorrino (*Canepatus castaneus*).

A estas especies propias de la región se deben agregar las aves, cuya presencia es relativa debido a la caza ilegal.

La persecución ha sido intensa desde el principio de los asentamientos productivos de fines del siglo pasado. Tal como ocurre con los recursos forestales, la fauna también está seriamente afectada. La diversidad se ve comprometida por el cambio de hábitat que albergaba una fauna variada. El empobrecimiento de su composición es notorio. La eliminación del bosque desprotege a la población faunística provocando la migración de algunas especies a otros territorios mientras que otras pueden verse amenazadas de extinción.

Otro factor a tener en cuenta, además de la caza desmedida, es el efecto del fuego que provoca la huida y mortandad de animales. Legislaciones provinciales reglamentan períodos de caza y veda para ciertas especies, pero la caza furtiva de especies con valor comercial tanto por su aprovechamiento como para su comercialización al exterior afecta a la diversidad.

En lo que respecta a las aves presentes en la Cuenca, en la Tabla III.8, se muestra la lista de especies de aves y nombres comunes, ordenadas por frecuencia (F), hasta el 20%, en 16 ambientes de represas del Centro Norte de la provincia de Entre Ríos (Sabattini et al., 2001).

Tabla III.8. Lista de especies de aves y nombres comunes, ordenada por frecuencia (F) de ocurrencia hasta el 20% en 16 ambientes de represas del centro-norte de Entre Ríos.

Nº	F	Especies: Nombre Científico	Nombre Común
1	87,5	<i>Jacana jacana</i>	Jacana
2	75	<i>Amazonetta brasiliensis</i>	Pato cutirí
3	75	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Benteveo común
4	68,8	<i>Ardea (Casmerodius) alba</i>	Garza Blanca
5	68,8	<i>Plegadis chihi</i>	Cuervillo de cañada
6	68,8	<i>Vanellus chilensis</i>	Tero común
7	68,8	<i>Molothrus bonariensis</i>	Tordo renegrido
8	62,5	<i>Phimosus infuscatus</i>	Cuervillo cara pelada
9	62,5	<i>Dendrocygna viduata</i>	Sirirí pampa
10	56,3	<i>Chauna torquata</i>	Chajá
11	56,3	<i>Himantopus melanurus</i>	Tero real
12	50	<i>Egretta thula</i>	Garcita blanca
13	50	<i>Ajaia ajaja</i>	Espátula rosada
14	50	<i>Fulica leucoptera</i>	Gallareta chica
15	43,8	<i>Rosthramus sociabilis</i>	Caracolero
16	43,8	<i>Phaeoprogne tapera</i>	Golondrina parda
17	37,5	<i>Anas georgica</i>	Pato maicero
18	37,5	<i>Caracara plancus</i>	Carancho
19	37,5	<i>Aramus guarauna</i>	Carau
20	37,5	<i>Tringa flavipes</i>	Pitotoy chico
21	37,5	<i>Zenaida auriculata</i>	Torcaza
22	37,5	<i>Furnarius rufus</i>	Hornero
23	31,3	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Biguá

24	31,3	<i>Ardea cocoi</i>	Garza mora
25	31,3	<i>Ciconia maguari</i>	Cigüeña americana
26	31,3	<i>Myiopsitta monachus</i>	Cotorra
27	31,3	<i>Guira guira</i>	Pirincho
28	31,3	<i>Paroaria coronata</i>	Cardenal común
29	25	<i>Nycticorax nycticorax</i>	Garza bruja
30	25	<i>Fulica rufifrons</i>	Gallareta escudete rojo
31	25	<i>Pluvialis dominica</i>	Chorlo pampa
32	25	<i>Gallinago paraguaiae</i>	Becasina común
33	25	<i>Columbina picui</i>	Torcacita común

III.9 Descripción de los bosques nativos en Entre Ríos

El área de bosques nativos en Entre Ríos se localiza en la región centro-norte de la provincia e involucra las cuencas de los Ríos Guayquiraró, la porción superior del Gualeguay y el Arroyo Feliciano.

Según Cabrera (1976), el Norte y Oeste de la provincia de Entre Ríos, pertenecen fitogeográficamente a la provincia del Espinal (Figura III.30), distrito Ñandubay. Esta provincia se caracteriza por la dominancia de especies arbóreas del género *Prosopis* en las comunidades clímax, destacándose la abundancia de *Prosopis affinis* (ñandubay) en el distrito que lleva su nombre.



Figura III.30. Provincia del Espinal.

Se extiende desde el centro y sur de Corrientes, el noroeste de Entre Ríos y hasta el centro de Santa Fe; cubre prácticamente toda la cuenca del Arroyo Feliciano.

Es la más rica en cuanto al número de especies, con predominio de ñandubay (*Prosopis affinis*) y algarrobo negro (*Prosopis nigra*), acompañados de otros árboles como el espinillo (*Acacia caven*), el chañar (*Geoffroea decortican*), el incienso (*Schinus longifolius*), el tala (*Celtis tala*), el quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho blanco*), el molle (*Lithrea molleoides*), el chachal (*Allophylus edulis*) y el sombra de toro (*Jodina rhombifolia*); por arbustos como la rama negra (*Senna corymbosa*), el araticu (*Rollinia emarginata*) y el ñanga- piri; (*Eugenia uniflora*); también hay algunas especies de cactáceas y varias hierbas y enredaderas como la pasionaria (*Passiflora sp.*) y la zarzaparrilla blanca (*Herreria montevidensis*).

La vegetación de la provincia de Entre Ríos está comprendida dentro de tres provincias fitogeográficas: Provincia Paranaense, Distrito de las Selvas

Mixtas; Provincia del Espinal, Distrito del Ñandubay, y Provincia Pampeana, Distrito Uruguayense (Cabrera, 1976). Los bosques y selvas se ubican preferentemente en los Distritos del Ñandubay y de las Selvas Mixtas, pero el Distrito Uruguayense tiene también vegetación arbórea aunque no tan notable.

La vegetación típica es de monte semixerófilo, con un estrato arbustivo y otro herbáceo, que permite desarrollar la ganadería de cría vacuna y ovina.

El bosque ha sido parcialmente talado para diversos cultivos, como el arroz y la soja y es sometido a cortes selectivos para extraer la valiosa madera de las especies de *Prosopis*.

Se pueden observar las Regiones Forestales de la República Argentina, según el Primer Inventario Nacional de bosques nativos, del 2002 (Figura III.31).

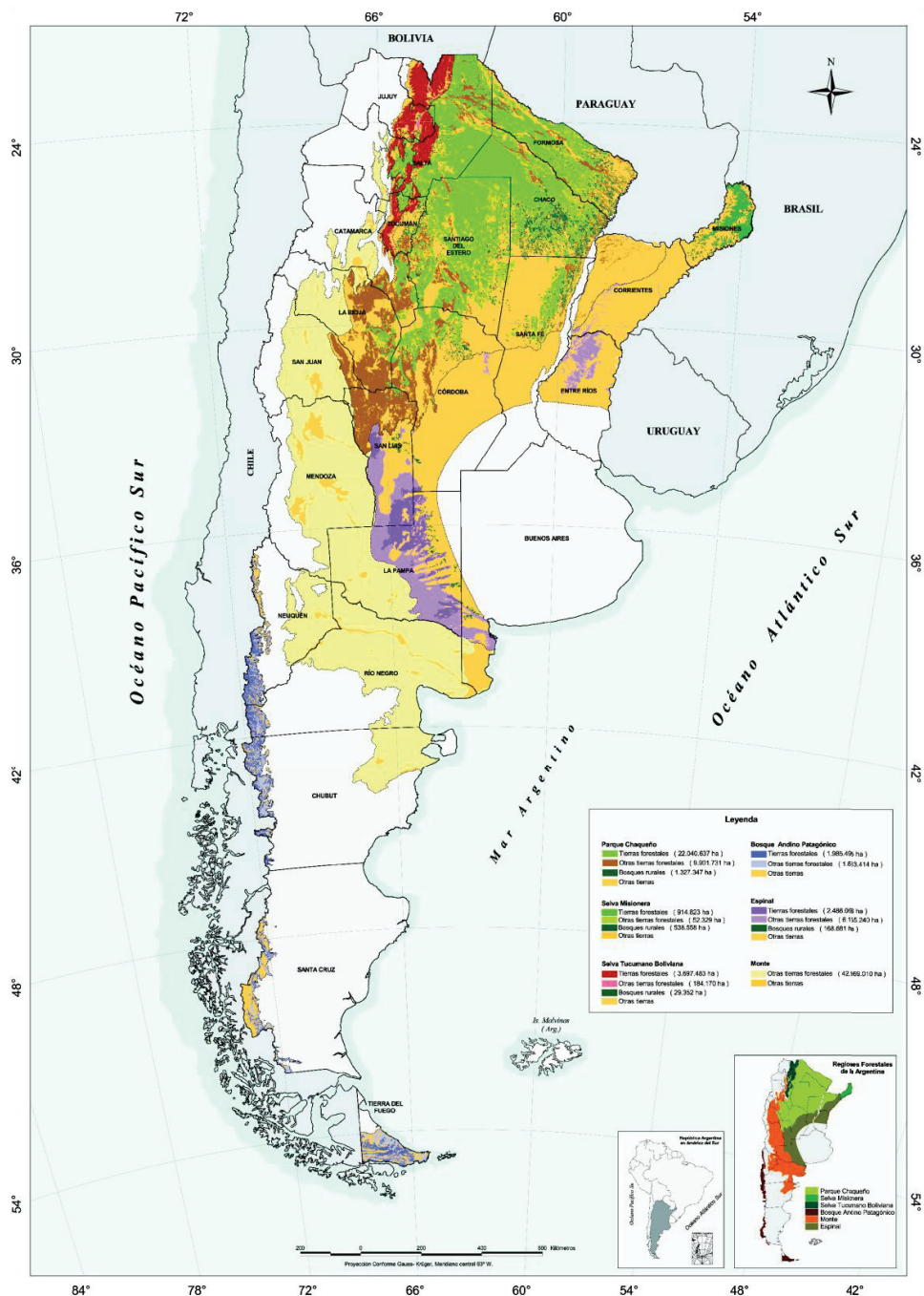


Figura III.31. Regiones Forestales de la República Argentina.

Fuente: PRIMER INVENTARIO NACIONAL DE BOSQUES NATIVOS-2002.

El Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la República Argentina, 2002) cubre, en la provincia de Entre Ríos, el sector Centro-Norte que corresponde, según los autores, al Espinal.

El límite está representado por una línea imaginaria que une la localidad de Concepción del Uruguay (al Este) y el Ingreso de la Ruta Provincial N° 11 al Departamento Diamante (al oeste). El inventario cubre el 58% de la superficie provincial. En este inventario, obtenido sobre la base de imágenes de satélite del año 1997, la ocupación de ‘arbustal’, ‘bosque en galería’, y Parque Nacional El Palmar totalizan 1100000 ha.

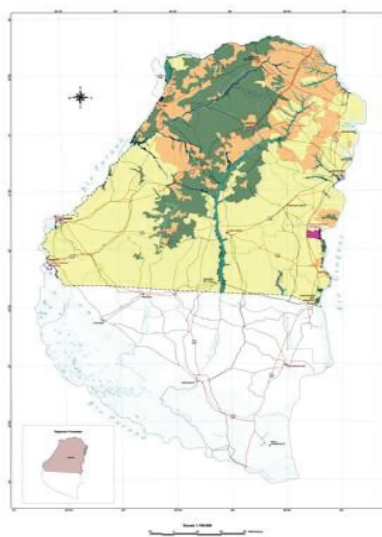


Figura III.32. Bosques Nativos de Entre Ríos.

Fuente S. y D S de la Rca Argentina, 2002.

La Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la República Argentina (2002) da la siguiente definición, “Arbustal: tierras cubiertas por arbustos (plantas boscosas perennes sin una copa definida y con una altura que no alcanza 7 m) y contiene a menudo árboles aislados o en pequeños

manchones”. Esta definición no concuerda con lo observado en la realidad en Entre Ríos y puede llevar a confusión (Figura III.32).

El área que el inventario caracteriza con este nombre es mejor llamarla ‘bosque’ indicándose, para cada situación, las características dominantes.

En el inventario se utilizó la metodología recomendada por FAO para los países miembros, a fin de homogenizarlos a nivel mundial (FAO, 1998), luego adoptada por nuestro país para concretar ese objetivo.

La República Argentina cuenta con imágenes de satélite, de la serie Landsat, desde el año 1980. Si bien estos datos tuvieron interrupciones temporarias y fueron utilizadas ocasionalmente por otros autores, parece escaso el aprovechamiento en aplicaciones en bosques nativos. Hay que tener en cuenta además que en los últimos años la CONAE promueve y apoya a los organismos oficiales ofreciendo las imágenes necesarias.

El área boscosa de la República Argentina se estima entre 35 y 45 millones de hectáreas. A pesar de la magnitud e importancia de este recurso, el país carece de un Inventario Nacional de Bosques Nativos que permita evaluar las amenazas ambientales sobre los mismos, incluyendo sus implicancias económicas y sociales y brindar información sobre la cual basar el análisis de los instrumentos de políticas y manejo.

A fin de contar con la información que el País necesita se puso en marcha el proyecto *"Bosque Nativos y Areas Protegidas, Subcomponente A2"*, para desarrollar el Inventario Nacional de Bosques Nativos y el manejo de la correspondiente base de datos. Entre las fases de este proyecto se encontraba la fase de teledetección, que incluía la utilización de las imágenes satelitales necesarias para la ejecución del mismo.

En el desarrollo del inventario propiamente dicho, se utilizaron imágenes del sistema satelital Landsat5/TM. El proyecto mencionado planteaba la actualización periódica del inventario forestal y esto requiere del monitoreo continuo de las regiones boscosas, y es necesario contar con información satelital

que permita llevar a cabo este objetivo. En este sentido, el proyecto proponía estudiar la factibilidad de utilizar los datos del sistema SAC-C en combinación con los sistemas LANDSAT 7/ETM y TERRA/MODIS para este fin (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2002).

III.9. 1 Caracterización de especies nativas en la Cuenca

A lo largo de los principales cursos de agua se hallan bosques ribereños con especies arbóreas higrófilas y pasturas típicas, muy diferente a las del monte semixerófilo.

El clima subtropical del norte de la provincia permite la abundancia de gramíneas megatérmicas, muchas de las cuales son de gran porte. Los campos de pastoreo típicos tienen especies de mediana y corta altura, que forman un mosaico herbáceo.

Las praderas naturales muestran dos períodos de deficiencias del forraje. El invierno, período con escasas precipitaciones, se ve agravado en sus deficiencias por el crecimiento lento o aún nulo de los pastos. Otro período crítico lo constituye el verano, especialmente cuando hay sequías. Por las características de los suelos, éstos se secan rápidamente con excepción de las partes bajas, que son las preferidas para el pastoreo. El declive tiene una poderosa influencia en la composición florística al actuar sobre el drenaje, como así también el fuego, que se practica con frecuencia.

El auge de floración de las hierbas tiene lugar en octubre, luego de lo cual muchas especies se hacen inaprovechables para los animales.

Es común, en épocas de sequías o baja disponibilidad forrajera, trasladar los animales a las zonas de ríos y arroyos donde la humedad posibilita la existencia de reservas de pastos.

Diversos autores sostienen que en el centro-norte de Entre Ríos, donde se ubica la cuenca del Arroyo Feliciano, el bosque nativo ocupa un rol de importancia en los sistemas productivos agropecuarios, presentando diversos signos de deterioro provocados por el desmonte, las talas selectivas y el manejo tradicional de la ganadería, alterando su estructura y composición (Sabattini et al., 1999; Sphan y Casermeiro, 1999).

La vegetación típica es de un monte semixerofítico, con un estrato arbustivo y otro herbáceo, muy rico en especies que pertenecen en su mayoría a la flora pampeana (Figura III.33).



Figura III.33. Vista de la vegetación sobre las márgenes del Arroyo Feliciano.

El estrato herbáceo se presenta continuo, con predominio de pastizales cespitosos. Las especies dominantes del pastizal pertenecen a los géneros *Piptochaetium*, *Paspalum* y *Stipa*. Además se presentan taxones endémicos, entre los que llaman la atención las palmeras yatay (*Butia yatay* Mart.) y la palma caranday (*Trithrinax campestris* Burm.), que se presentan asociadas al bosque o formando palmares (Burkart et al., 1999). En el bosque nativo conviven *Prosopis nigra* (Gris.) y *P. alba* (Gris.), *P. affinis* (Spreng.), *Acacia caven* (Mol.), *Aspidosperma quebracho-blanco* (Schltdt.), *Acacia praecox* (Griseb.), etc. Pueden observarse manchones consociados y muy tupidos de *Celtis tala* (Gill.), *A. caven*, *Aloysia gratissima* (Gill. y Hook) y *Lantana megapotamica* (Spreng.), (Plan Mapa de Suelos, 1986).

Respecto al área con vegetación ribereña, se destaca su alta fragilidad, ya que constituye el soporte de la red hidrográfica y tiene importancia como corredor de la biodiversidad.

Básicamente, la actividad forestal primaria se encuentra representada por dos modalidades: la correspondiente al aprovechamiento a partir de la deforestación para incorporar tierras a la producción agrícola y aquella relacionada con la extracción selectiva de especies, orientada a la extracción de individuos de *Prosopis nigra* (algarrobo negro). De las 375.000 toneladas extraídas, el 83,1% se destina a madera en bruto para proceso y el 16,9% corresponde a residuos de forestación que generalmente se quema. Del total de madera en bruto, un 2% aproximadamente corresponde a rollizos (casi exclusivamente de algarrobo), de los que un 25% queda en Entre Ríos y el resto sale aserrado fuera de la provincia.

En cuanto a los métodos de desmonte para incorporar tierras a la agricultura, el más antiguo y extendido ha sido el desmonte manual. Este desmonte permite el aprovechamiento del material forestal, a través de la obtención de postes, vigas y leña.

Asimismo, se produce una baja remoción del suelo y la incorporación lenta y gradual de la superficie a la actividad agrícola. El sistema en consideración presenta una eficiencia muy baja, no superando la hectárea por hombre y por mes (Casas et al., 1978). Sin embargo, tal afirmación es muy variable ya que la superficie desmontada por este sistema depende de la estructura del monte (abierto o cerrado) y las herramientas utilizadas (ej: uso de la motosierra).

El desmonte mecánico con maquinaria pesada (potencias superiores a los 100 HP) era muy poco utilizado en la región (Casas et al., 1978), existiendo algunos equipos livianos para tratamientos individuales (arrancadoras a pinzas, arrancadoras a uñas, equipo para palma, etc.). En la actualidad esta tendencia se ha revertido, debido a que las superficies desmontadas son mayores y

prácticamente ha desaparecido el desmonte manual, o es aplicado a menor escala. Se utilizan topadoras con orugas y potencias de entre 110 y 180 Hp (Schulz, com. pers.). La eficiencia de estos equipos es muy superior al obtenido mediante el sistema manual, llegando a 10-15 ha máquina día⁻¹, o más. Además, se realiza el acordonado de la vegetación mediante su pala delantera. Mediante este sistema se desaprovechan los recursos forestales del bosque debido a la utilización de la quema del material.

El impacto en el suelo causado por el sistema mecánico es muy superior al que produce el sistema manual. Se realiza una remoción de los primeros centímetros de suelo debido al tipo de tracción que presentan (orugas) y al efecto de la hoja de la máquina en la formación de los cordones, donde muchas veces son quemadas. El excesivo peso de los equipos provoca compactación superficial y en profundidad. El tratamiento que recibieron los bosques nativos de Entre Ríos fue irracional, a pesar de que en su gran mayoría representan formaciones vegetales de muy alto potencial productivo económico, y al mismo tiempo son ecosistemas muy complejos con árboles de grandes dimensiones (Figura III.34).



Figura III.34. Area desmontada para el cultivo de arroz, Cuenca del Arroyo Feliciano.

Durante más de un siglo los bosques nativos fueron sometidos a una excesiva intervención de tala selectiva. En ese sistema de corta, no se tuvieron presente ni consideraciones ecológicas ni de sustentabilidad y se cosecharon principalmente las especies más valiosas.

Los incendios completaron con frecuencia este proceso productivo. No es sorprendente que algunos bosques con especies de alto valor del Espinal como el algarrobo y el ñandubay, así como la selva en galería Paranaense, llegaran al límite de su riesgo de extinción, como tipos forestales de importancia y como ecosistemas únicos.

Las formaciones boscosas nativas, después de ser aprovechadas en las áreas accesibles, perdieron importancia económica forestal y se volcaron a la ganadería de cría y recría o directamente fueron desmontadas y transformadas en chacras (Sabattini et al., 2002).

Los bosques nativos son fuentes de alimentos, madera, combustible y recursos genéticos para la medicina, y además prestan sus servicios dando refugio a la flora y fauna autóctona. Son importantes en la regulación de las cuencas hidrográficas, colaborando en la prevención de la pérdida de suelos.

Es así que permiten reducir el volumen de agua escurrida y disminuir su velocidad. Se considera que en las zonas boscosas, las crecidas pueden ser hasta 15 veces menores que las producidas en zonas erosionadas o deforestadas.

Por otra parte, la cubierta forestal favorece el almacenamiento de agua de lluvia en escala muy superior a cualquier otra cubierta vegetal (Dabas, 1980).

Según Sabattini et al. (2002), existe una serie de razones que justifican la protección de los bosques nativos:

Contienen una importante diversidad biológica, proveen de hábitats esenciales para una amplia gama de especies de fauna y flora, algunas en vías de extinción (se considera que albergan del 50 al 90% de las especies del planeta).

Ayudan a mantener los equilibrios naturales del planeta, los ciclos del agua, nutrientes y energía; generan oxígeno y contribuyen a reducir el efecto invernadero estabilizando el clima.

Mantienen los suelos, minimizando la degradación y son los principales elementos en una cuenca, purificando y conservando el agua.

Numerosas especies de árboles, arbustos, líquenes, epífitas, musgos, hierbas y hongos, son una importante materia prima para la producción de medicinas.

Poseen un valor paisajístico irremplazable y son de gran importancia para el turismo y la recreación.

Proveen una amplia gama de productos, además de la madera; entre estos, hongos, frutos y forraje.

Garantizan las formas tradicionales de vida, especialmente de las comunidades indígenas y campesinas.

Los bosques nativos en Entre Ríos han sido utilizados fundamentalmente para la producción de ganado de cría bovina, constituyendo la base productiva de los establecimientos agropecuarios.

Actualmente, la vegetación original se presenta deteriorada y alterada respecto a las formas naturales predominantes hasta hace un siglo, cuando dio comienzo el proceso masivo de producción agropecuaria.

Ello se debe a los muy intensos procesos de colonización y de extracción de recursos naturales que se presentaron en el territorio provincial. En 1955, Dimitri y Rial consideraban que el aspecto fisiográfico general del bosque en Entre Ríos era el de manchones o isletas, alternadas con praderas, siendo frecuentes las chacras. En algunos puntos se observaba que el bosque había sido totalmente quemado y talado, siendo tan corrientes estas prácticas, que no era arriesgado pensar que en breves años la Selva del Montiel, término local aplicado al bosque nativo en Entre Ríos, se habría transformado por completo en una

pradera artificial, con los consiguientes peligros de alteraciones climáticas, edáficas y la pérdida casi total de la fauna y flora autóctona.

En general, puede mencionarse que el paisaje primitivo ha sido alterado por acciones fruto de la actividad antrópica derivando en un agroecosistema. La construcción de líneas ferroviarias y aéreas de energía, rutas, urbanizaciones y la incorporación de especies exóticas son las que más han impactado en el ecosistema natural.

Se puede definir desmonte como la tala o corte de los árboles o matas de un monte o bosque, y entresaca a la acción de entresacar una cosa de entre otras, por ej.: hacer una entresaca de árboles en el bosque.

La tala de las especies maderables se realizó en forma insustentable provocando la disminución de la superficie y la degradación del bosque. A diferencia de otras zonas, en general no se hace extracción selectiva ni se realizan planes de manejo, sino que se sacan todos los ejemplares arbóreos y la superficie es quemada para habilitarla para otros usos.

El 40,3% de la madera en bruto que va a proceso, se dedica a la elaboración de postes incorporándose a la actividad industrial de creosotado (tratamiento), constituyendo éste el principal uso de la madera proveniente de bosques nativos. Le sigue en importancia la obtención de leña, que insume el 34% de la madera que va a proceso, mientras que el 23,6% restante de la madera en bruto se destina a la producción de estacones y varillas que se consumen en un 80% en Entre Ríos.

En la actualidad, la industrialización de la madera puede considerarse irrelevante en virtud de que se han agotado los rollizos de calidad y los restantes sólo se emplean para leña, elaboración de carbón y postes con una actividad mínima.

III.9.2 Producción de madera (ver información en el Anexo)

Según la información de los Servicios Forestales Provinciales, la producción total nacional de madera en el año 2005, fue de 4.429.504 toneladas,

un 13% menos que en el año 2004; sin embargo, en la región del Espinal, el incremento fue del 34% (Tabla III.8).

Tabla III.8. Comparación de la producción total de madera en Argentina el Espinal. 2004-2005.

Región Forestal	2004	2005	Variación porcentual
Total	5.108.156	4.429.504	-13,29
Espinal	111.459	149.391	34,03

Fuente: Regiones Forestales Producción Primaria 2005.

III. 10 Aspectos Socio-Económicos

La zona denominada “Cuenca del Arroyo Feliciano” comprende territorios de distintas Zonas Agro Económicas Homogéneas: La ZAH Feliciano, ZAH La Paz, ZAH Federal. La delimitación de las ZAHs se basa en zonificaciones ecológicas previas, ajustados sus límites a los de Fracciones Censales del INDEC a fin de poder vincular cada zona con la información secundaria disponible (Figura III.33). La descripción general de la cuenca y de cada ZAH es resultado de la recopilación y sistematización de información previa y el procesamiento de datos estadísticos disponibles más recientes (Censo Nacional Agropecuario INDEC, 2002) y del trabajo a campo realizado.

La información censal permite que se incluyan, además de las características ambientales y socio-económicas, aspectos especialmente referidos a la Estructura Agraria y los Sistemas Productivos, cuantificando su importancia relativa en términos de cantidad de EAPs, superficie ocupada y/o existencias ganaderas.

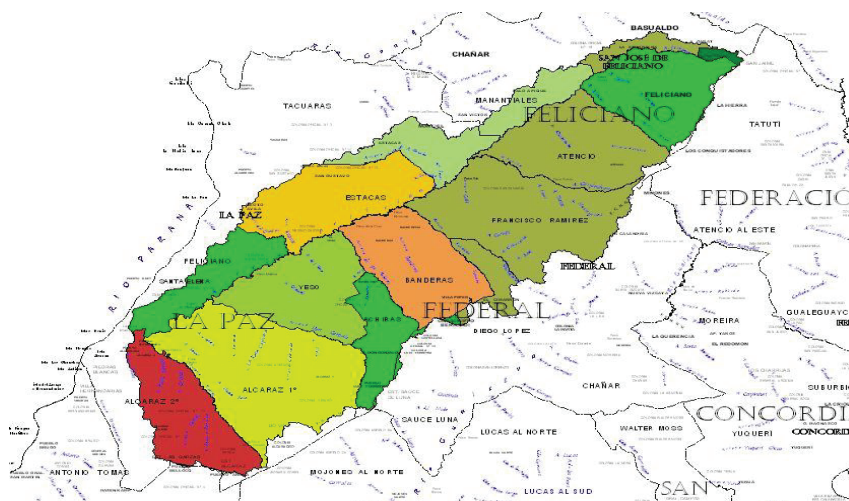


Figura III.33. Distritos Cuenca del Feliciano.

Fuente. Elaboración propia, 2009.

Se basa en la diferenciación y descripción de zonas cuyas condiciones agronómicas y económicas pueden ser consideradas relativamente agro económicas homogéneas (ZAH), realizada en el marco del proyecto RIAN –Red de Información Agroeconómica Nacional (2006) para la provincia de Entre Ríos.

III. 10.1 Población

(Modificado de PIARFON y Censo Nacional 1991-2001)

La provincia de Entre Ríos cuenta con una población de 1.158.147 habitantes que representa el 3,2% de la población total del país. En el Espinal, donde se halla la cuenca del Arroyo Feliciano, se encuentran 534.031 habitantes que representan el 46,2% del total provincial.

La densidad poblacional es de 14,1 hab/km², superior al promedio del país (9,8 hab/km²).

La provincia se ha caracterizado por un crecimiento natural relativamente lento, cuyo ritmo se asemeja al correspondiente a zonas de crecimiento demográfico "maduro". El incremento vegetativo de Entre Ríos tiende a ser similar al que registra el país en su conjunto; desde 1947 hasta 1991 las tasas de incremento total no alcanzan el 20 por mil. Similar comportamiento muestran los

datos del Censo de Población 2001, que dan para Entre Ríos un total de 1.158.147 habitantes, que significa un crecimiento poblacional del 12,9%. En el orden nacional el crecimiento poblacional fue del 10,5%.

En los departamentos del Espinal, los valores mínimos se registran en los Departamentos Feliciano y Federal con 3,9 hab/km² y 4,4 hab/km² respectivamente.

Considerando el periodo intercensal (1991-2001), la población de los Departamentos que se ubican en la cuenca, se ha incrementado. Como se visualiza en la Tabla III.9. siguiente, la tasa de crecimiento intercensal ha sido mayor en los Departamentos Feliciano, Federación, y Federal que la tasa provincial.

Tabla III.9. Población y tasa de crecimiento. 1991-2001.

Departamento	Población 1991	Población 2001	Tasa de crecimiento (%)
Feliciano	12.366	14.584	17,9
Federación	48.713	60.204	23,6
Federal	22.121	25.055	13,3
La Paz	61.896	66.158	6,9

Fuente: Censo Nacional de Población y Vivienda, 1991-2001

En cuanto a la distribución de la población por sexo, las mujeres representan el 51% en el Espinal, fenómeno similar al que se presenta a nivel nacional (Tabla III.10).

En el período intercensal 1970-1980 se produjo una considerable morigeración de los saldos migratorios. Este fenómeno se debe atribuir fundamentalmente a la crisis que experimentan los centros tradicionales de atracción de los movimientos migratorios internos, como el área Metropolitana de Buenos Aires, la propia provincia de Buenos Aires, y aún la provincia de Santa Fe, más que a la dinámica de la actividad económica provincial.

Tabla III.10. Departamentos que integran la Cuenca. Población por sexo.

Departamento	Total	Varones	Mujeres
Federación	60.204	30.207	29.997
Federal	25.055	12.571	12.484
Feliciano	14.584	7.404	7.180
La Paz	66.158	32.956	33.202

Fuente: Censo Nacional de Población y Vivienda, 1991-2001

Juntamente con este movimiento general de la población se ha operado un incremento sostenido de la población urbana y una paralela caída de la población rural, la cual ha disminuido un 30,5% entre 1960 y 1980 y un 18,6% entre 1980 y 1991, pasando de 407.043 personas, en el medio rural a 283.009 en 1980 y a 228.572 en 1991.

Se considera población urbana a la que habita en localidades de 2.000 y más habitantes y población rural al resto (agrupada en localidades de menos de 2.000 habitantes y a la que se encuentra dispersa en campo abierto).

De acuerdo al Censo Nacional 2001, la tendencia a la urbanización continúa ya que la población rural ha disminuido en un 11% entre 1991 y 2001, tal como lo muestra la Tabla III.11. Así, la población se distribuye aproximadamente en un 82% en población urbana (fundamentalmente en cuatro centros urbanos, Paraná, Concordia, Gualaguaychú y Concepción del Uruguay) y 18% en población rural.

Tabla III.11. Entre Ríos. Población urbana y rural. Censo 1991 y 2001.

Años	1991	2001
Total	1.020.257	1.158.147
Urbana	791.685	955.414
Rural	228.572	202.733

Fuente: Censo Nacional de Población y Vivienda, 1991-2001.

Las cifras anteriores demuestran que el medio rural no ha podido retener la mano de obra, comportándose como expulsor de fuerza de trabajo hacia los otros sectores de la economía.

La población del territorio de la Cuenca del Feliciano ha experimentado un proceso de migración desde las áreas rurales a las urbanas y de la zona a otras regiones, en forma similar a lo acontecido en toda la Provincia.

Si se analizan las cifras de los censos, desde el del año 1970 al del año 2001, vemos que en los Departamentos Feliciano y La Paz, que aportan en mayor cuantía al territorio y a la población del área bajo estudio, se produjo en el período en cuestión un crecimiento de la población total del 20%, (0,61% anual); en tanto la población rural para el mismo lapso de tiempo se redujo en un 34%. Tabla III.12.

Ello muestra claramente la tendencia demográfica de la zona, que ha visto reducir su población a través de los años debido fundamentalmente a su especialización productiva en actividades agropecuarias con características fuertemente extensivas y a la incorporación de tecnologías con un marcado sesgo hacia el ahorro de mano de obra.

Corresponde aclarar que, si bien en los últimos años se han expandido actividades como el cultivo del arroz utilizando agua superficial y otros cultivos agrícolas, especialmente soja, ninguna de las mismas requiere el uso intensivo de mano de obra, y en el caso de los cultivos de secano utilizan por lo general factores de producción extrazonales; y por otra parte el área cubierta por las mismas no alcanza una significación que permita revertir el proceso mencionado.

**Tabla III.12. Población Urbana y Rural por Censos Nacionales según
Departamento. Período 1914-2001.**

DEPARTAMENTOS	CENSOS NACIONALES					
	1914		1947		1960	
	Urbana	RURAL	Urbana	RURAL	Urbana	RURAL
TOTAL PROVINCIA	164.319	261.054	421.314	366.048	398.314	407.043
Federación	4.347	11.892	17.076	15.788	13.322	22.191
Federal (1)						
Feliciano	1.974	7.074	7.643	9.611	3.721	9.217
La Paz	5.504	20.833	25.598	33.072	19.202	35.432
Total Dptos Del Norte	11.825	39.799	50.317	58.471	36.245	66.840

DEPARTAMENTOS	1970		1980		1991		2001	
	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural
TOTAL PROVINCIA	493.598	318.093	625.304	283.009	789.578	230.679	949.250	208.897
Federación	18.113	17.612	25.159	16.192	33.078	15.635	46.731	13.473
Federal (1)			9.360	11.755	13.418	8.703	17.292	7.763
Feliciano	3.884	7.991	4.999	6.599	6.478	5.888	8.856	5.728
La Paz	26.812	28.519	34.520	23.560	39.599	22.297	47.951	18.207
Total Dptos Del Norte	48.809	54.122	74.038	58.106	92.573	52.523	120.830	45.171

(1): El Departamento Federal fue creado en 1972 con parte de los Departamentos Concordia, La Paz y Villaguay.

NOTA: La población urbana corresponde a localidades censales de 2.000 y más habitantes.

FUENTE: INDEC - DEC –

Censos Nacionales de Población de 1914, 1947, 1960, 1970, 1980, 1991 y 2001.

Precisamente el proceso de agriculturización que ha experimentado la zona, generó algunos efectos negativos en materia demográfica, ya que la escasa incorporación de recursos humanos a las actividades primarias, transforma productores en rentistas, por efectos del arrendamiento de sus predios, quedando como aporte para la zona exclusivamente el monto de la renta percibida, en los casos en que el productor autodesplazado sigue residiendo en el área. Es decir,

estamos ante un problema estructural que se deriva de la incorporación de tecnología en el sector y del necesario aumento de escala de las explotaciones para poder ser competitivas, agravado por la sustitución de actividades tradicionales realizadas por pobladores locales por actividades realizadas por agentes externos con recursos externos.

La población residente en el área de la Cuenca del Feliciano es de 31.895 personas, siendo el departamento de La Paz con 12.828 habitantes la de mayor población de la cuenca. Le sigue el departamento de Feliciano de 12.683 habitantes, en el tercer lugar con una pequeña porción del departamento de Federación con 4.246 personas y el departamento de Federal con 2.138 personas.

Del total mencionado, poco más del 20% vive en el sector rural, en poblaciones menores y en forma dispersa (Figura III.34).

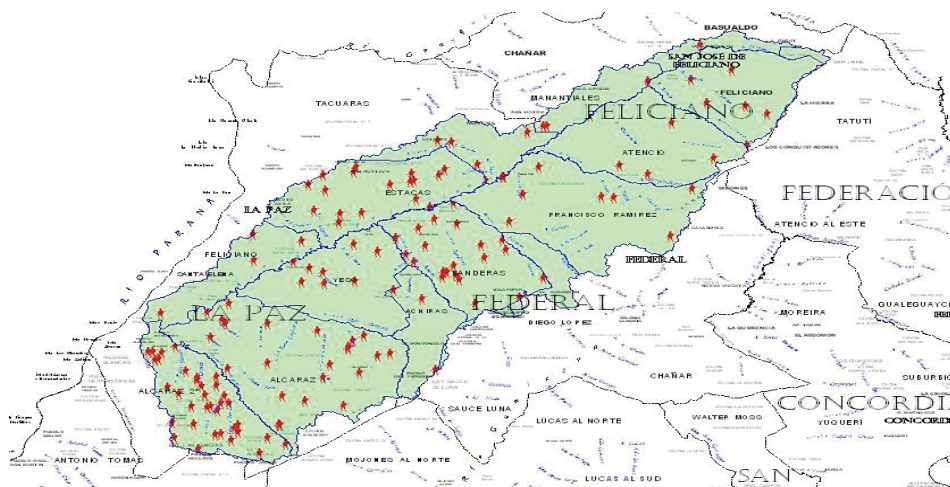


Figura III.34. Distribución de la Población 2001 por Distrito Cuenca del Feliciano.

Fuente Elaboración propia (1 dot = 100)

III. 10.1.1 Ocupación Laboral

A nivel provincial, la Tasa de desocupación (cociente entre desocupados y PEA (en %) alcanzó el 25,8% en el año 2001, habiendo sido la más baja en 1990 con el 9,1%. A nivel de la región del Espinal, la tasa es sólo un punto menor (24%) aunque los valores de la tasa de desocupación en mujeres son más elevados que para los varones en todos los departamentos que componen la región Espinal, situación que se reitera a nivel provincial (Tabla III.13).

En cuanto a la tasa de empleo (cociente entre ocupados y población total (%)); se destaca que los departamentos Federación tiene tasas superiores a la media provincial. Los demás departamentos tienen tasas inferiores a la tasa media del Espinal. Asimismo, se visualiza una baja tasa de empleo en las mujeres, en La Paz y Feliciano, con valores que apenas superan el 20%.

El examen de las categorías ocupacionales muestra que el 72,83% son empleados, el 5,47% patrones y el 21,7% son cuentapropistas. La provincia de Entre Ríos muestra un perfil productivo marcadamente agroindustrial: las actividades primarias- agrarias- participan con el 20,85% del PBI provincial y aportan el 14% del empleo provincial. No obstante su decisivo peso en términos económicos, el sector agropecuario no constituye un elemento dinámico respecto a la generación de empleos.

La disminución de la población rural y de la proporción de la PEA del sector muestra con claridad que el medio rural no ha podido retener la mano de obra, comportándose como expulsor de fuerza de trabajo hacia los otros sectores de la economía.

Es válido mencionar en este punto que las actividades industriales relacionadas al sector forestal, si bien actualmente no se encuentran entre las de mayor importancia socioeconómica, medida esta por la creación de puestos de trabajo y participación relativa en la creación del PBI, cuentan con perspectivas de crecimiento destacables.

Actualmente el sector genera alrededor de 1.400 empleos (Gobierno de E.R., 2001).

Tabla III.13. Entre Ríos. Tasa de desocupación y de empleo, 2001.

Departamento	Tasa de desocupación	Tasa de empleo
<i>Federación</i>	18.72	44.90
Varones	14.41	63.32
Mujeres	27.06	26.37
<i>Federal</i>	28.39	35.78
Varones	25.40	49.31
Mujeres	34.14	22.42
<i>Feliciano</i>	24.63	32.63
Varones	22.94	44.66
Mujeres	28.15	20.32
<i>La Paz</i>	32.30	34.20
Varones	27.98	47.07
Mujeres	39.84	21.77

Fuente: Censo Nacional de Población y Vivienda. 2001

Un examen más detallado muestra, para el sector primario, que el 50% del empleo son obreros o empleados siguiendo en importancia los trabajadores por cuenta propia en un 28%. Se destaca a nivel provincial el porcentaje de los trabajadores familiares: más del 37% se encuentra en el sector primario, luego le sigue el sector comercio con el 24%. Otro dato que es característico del sector primario es el número de trabajadores sin sueldo: el 41% del total provincial está en esa situación.

El proceso de modernización de la producción agropecuaria, además por el fuerte proceso de industrialización sustitutiva inconclusa y el crecimiento de los centros urbanos, la búsqueda de las mejores ofertas laborales, de educación

superior o universitaria condicionan al joven estudiante a volver a sus lugares de origen de sus familias, dando como resultado una contracción significativa, que en las ultimas décadas la población residente en las zonas rurales en la provincia de Entre Ríos y en especial de la cuenca del Feliciano se contrajo el 53%, siendo por lo tanto la mitad de lo que era a principios del siglo pasado, y tan solo entre los dos últimos censos agropecuarios (1988/ 2002) la reducción fue del 20,0%. Por otro lado el 31% de los trabajadores que residen permanentemente en la EAPs son familiares, y alrededor del 70% de estos no perciben ningún tipo remuneración, y esto tiene su correlato en la importancia de las estructuras de las EAPs, de tipo familiar.

En cuanto al otro tipo de explotaciones (EAPs.), las empresas agropecuarias y agroindustriales que emplean mano de obra asalariada en mayor proporción que la familiar, y poseen un stock de maquinarias diversificada y actualizada y capacidad para generar excedente acumulables. En especial es el sector arrocerero localizado geográficamente en la cuenca del Feliciano donde existe el mayor número de represas de la provincia de Entre Ríos con una importante inversión de capitales en estructura y algunas de nacionalidad extranjera (brasileras beneficiadas por la cercanía a la frontera y la gran demanda de arroz que tiene el país vecino). Otros de los demandantes de mano de obra asalariada son los molinos arroceros que existen en la zona y en la cuenca del Feliciano.

La red vial troncal existente permite establecer conexiones permanentes con el mercado de los productos de la zona, con puertos e industrias. Existen además rutas enripiadas que conectan localidades como Feliciano y Villaguay, densificándose hacia el sur y hacia el este. Las vías de comunicación principales son pavimentadas, Ruta Nacional N°12 , Rutas Provinciales N° 6 y N° 1. Recorriendo el extremo sur y sureste de la zona corre la Ruta Nacional N°127, que conecta la ciudad de Paraná con la frontera con la Republica Federativa de Brasil, conectándose con la Ruta Nac. 14 y con el puente de Salto Grande, vía de enlace con la Rep. Oriental del Uruguay. Innumerables caminos rurales

secundarios componen una trama compleja que se conectan a estas arterias para facilitar la circulación en el departamento. La red de caminos secundarios posee una particular importancia ya que es la vía de comunicación de las poblaciones rurales del departamento y, por lo general, la conservación de estas vías, en su mayoría de tierra, es deficitaria.

El aislamiento ha caracterizado por mucho tiempo a esta región y la habilitación de tránsito permanente a algunas rutas que se produjo en los últimos años ha provocado cambios sustanciales en las localidades zonales. Laboral, económica y culturalmente tiene una mayor dependencia con la ciudad de Federación, a una distancia de 100 km, que se encuentra ubicada sobre la costa del Río Uruguay, junto a la represa de Salto grande y que a partir de su fuerte actividad citrícola y forestal guarda una importante relación con la ciudad de Buenos Aires a través de la ruta N° 14.

La Paz, sobre la margen del Río Paraná, esta directamente vinculada con la ciudad de Paraná (240 km), donde, como todas las poblaciones que se sitúan sobre la ruta N° 12, resuelve sus cuestiones, económicas, laborales, sociales. Federal, el más mediterráneo de los tres Departamentos, se mantuvo con dificultades de comunicación por largo tiempo. La construcción (pavimentación) de la Ruta N° 127, que une la costa del Uruguay con la del Paraná, conformando una parte importante del corredor Bioceánico, constituyó un elemento de cambio fundamental.

El ferrocarril es prácticamente inexistente; no obstante la zona está atravesada por la línea que unía Paraná con Concordia. Existe un proyecto en marcha de reactivación ferroviaria.

No existen desarrollos agroindustriales, excepto pequeñas plantas frigoríficas e instalaciones de secado y acopio de granos en chacra, y plantas procesadoras de lácteos. La producción de grano se deriva a La Paz, San Salvador, Chajarí, Los Charrúas o Villaguay.

III. 10.1.2 Salud

El análisis de los datos de salud de la población reviste una importante fuente de información directa e indirecta sobre otros factores poblacionales y vitales como son: vivienda, accesibilidad a la atención primaria de salud, alimentación, entre otros.

Los primeros indicadores considerados son: tasas de natalidad y mortalidad tanto infantil como maternal. Para las provincias objeto de estudio, como se observa en la Tabla III.14, no presentan dispersión con respecto a la media del país.

Tabla III.14. Totales nacionales, provincia de Entre Ríos. Tasa de natalidad, mortalidad, mortalidad infantil y mortalidad materna, 2002.

División Territorial	Población	Tasa natalidad	Tasa mortalidad	Tasa Mortalidad infantil	Tasa Mortalidad materna
Total país	37.944.014	18.3	7.7	16.8	4.6
Entre Ríos	1.130.419	19.5	8.1	16.5	1-8

Fuente: Elaboración Piarfon con las Estadísticas vitales 2002- Ministerio de Salud.

III. 10.1.2.1 Cobertura Social

Otros indicadores a considerar son la población con cobertura social, los jubilados que perciban jubilación y las NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas). Todos estos indicadores se encuentran desagregados a nivel departamental.

Examinando la población sin cobertura social, se identifica que el Departamento Paraná tiene valores por debajo de la media provincial (48,6) mientras que el promedio del Espinal (46,2) es superior a dicha media. Pero al analizar cada uno de los departamentos se comprueba que los departamentos que componen el Espinal tienen porcentajes de población sin cobertura social superior a la media provincial y a la media del Espinal.

Si se analiza el porcentaje de cobertura por grupo de edad se encuentra que el grupo más vulnerable está en el rango entre 15 y 64 años en los departamentos Federación (61%) y La Paz (56%). En el departamento Feliciano, esta situación se presenta en el grupo entre 15-64 años (52,7%) y entre 0-14 años (42,54%) (Tabla III.15).

Tabla III.15. Departamentos de la Cuenca. Población por cobertura por obra social y/o plan de salud privado o mutual, 2001.

Departamento	Total	Tiene	No Tiene	No tiene (%)
Federación	60.204	26.298	33.906	56.3
Federal	25.055	9.990	15.065	60.1
Feliciano	14.584	5.948	8.636	59.2
La Paz	66.158	27.423	38.735	58.3
Total	166.001	69.659	96.342	233.9

Fuente: INDEC, Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda, 2001.

Otro indicador que nos muestra la vulnerabilidad del grupo mayor de 65 años es la posibilidad de recibir jubilación o pensión. Como se visualiza en la Tabla III.16, los departamentos de la cuenca, tienen porcentajes superiores a la media provincial de personas mayores de 65 años que no perciben jubilación ni pensión.

Tabla III.16. Mayores de 65 años que no perciben jubilación o pensión. Año 2001 Departamentos de la Cuenca.

Departamento	Total	Percibe	No percibe	No percibe (%)
Federación	4.475	3.101	1.374	30.7
Federal	2.019	1.303	716	35.5
Feliciano	999	713	286	28.6
La Paz	5.134	3.763	1.371	26.7
Total	12.627	8.880	3.747	121,5

Fuente: INDEC, Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda, 2001

Si se analiza cada departamento, se encuentra que Federal y Feliciano tiene NBI superiores al 30%, valores que duplican la media provincial.

Otro indicador importante es la cantidad de establecimientos asistenciales, con y sin internación, y las camas disponibles. En Entre Ríos, la cantidad de camas es máxima en el Departamento Paraná - considerando los departamentos componentes del Espinal - y mínima en Feliciano. Otro dato a remarcar es que la mayor parte de las camas son brindadas por el sector público.

El departamento Feliciano es el que menos centros asistenciales posee. Los centros de salud no poseen profesionales permanentes en clínica y/o demás especialidades, básicamente son atendidos por profesionales de la enfermería.

III. 10.1.2.2 Necesidades Básicas Insatisfechas

En varios distritos de los departamentos focalizados se identifican variaciones importantes de NBI en el período 1980-2001 y básicamente se registra un decrecimiento de las NBI. En todos los casos, los indicadores muestran que la situación de los departamentos que aportan territorio a la Cuenca del Feliciano es bastante más deficitaria que la situación promedio provincial.

En síntesis, se puede concluir en que los hogares con NBI han disminuido en los tres departamentos bajo análisis, pero no obstante ello el porcentaje de hogares que se mantiene en dicha situación de precariedad es muy elevado; en el departamento Feliciano prácticamente se duplica el porcentaje existente (2001) a nivel provincial (Tabla III.17).

Tabla III.17. Total de Hogares Particulares y Hogares con Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) en 1980, 1991 y 2001 Entre Ríos y Dptos. de la Cuenca del Feliciano.

DEPARTAMENTOS	Total de Hogares Particulares y Hogares con Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)								
	1980			1991			2001		
	TOTAL (1)	HOG. NBI (2)	% (2)	TOTAL (1)	HOG. NBI (2)	% (2)	TOTAL	HOG. NBI (2)	% (2)
TOTAL PROVINCIA	219.880	61.360	27,9	259.730	44.698	17,2	316.715	46.608	14,7
La Paz	12.698	5.638	44,4	14.138	4.112	29,1	15.986	3.842	24,0
Feliciano	2.509	1.208	48,1	2.771	832	30,0	3.383	975	28,8
Federal	4.651	2.146	46,1	5.211	1.424	27,3	6.218	1.565	25,2

Fuente: INDEC, Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda, 1980-1991- 2001.

En relación al total de hogares, el municipio de Feliciano posee un 10,54% de hogares con mas de tres personas por cuarto. Lo sigue el municipio de La Paz y Federal. El índice más elevado lo posee el municipio de Alcaraz con 11,07% de hogares con más de tres personas por cuarto.

En los distritos de la cuenca del Feliciano, donde existen poblaciones rurales agrupadas, no hay servicio de agua potable en red y/o pozos comunitarios. Gran parte de la población rural agrupada no posee agua potable para consumo y para la producción. Desde organizaciones intermedias se ha forjado un plan de suministro de agua y promueven el acceso de agua potable a las familias de pequeños productores agrupados. Para los casos donde no es posible los sistemas de abastecimiento comunitario, se han promovido las perforaciones de pozos familiares con equipos adquiridos por Caritas.

En San José de Feliciano, el INTA y Caritas han realizado innumerables perforaciones en la zona de ejido donde no cuentan con agua de red. También se ha optado por la construcción de pequeños tajamares para utilización del agua superficial para riego en la producción y suministro de agua a los animales

(Informe N° 2 Proyecto de Desarrollo de Pequeños productores Agropecuarios-Proinder).

Existe una población rural dispersa en los departamentos de la cuenca del Feliciano que son de pequeños productores minifundistas y trabajadores transitorios agropecuarios, los cuales tienen restricciones en la articulación en el ámbito local, departamental y provincial de los programas y proyectos nacionales con las organizaciones locales, con problemas de deficiencias en infraestructura en todos los aspectos estructurales, pérdida de valores y participación de mujeres y jóvenes y la afectación del medio natural que impacta notablemente a este grupo poblacional (Proinder-Asistencia Técnica para la Elaboración del Diagnóstico Preliminar del Área Centro Norte de la Provincia de Entre Ríos, Informe 4).

III. 10.1.3 Educación

El nivel educativo de la población es causa y tiene efecto en el nivel de desarrollo y tendencia futura de un país. Además del índice de analfabetismo, es de crucial importancia la realidad del sistema educativo formal a la hora de analizar la fuerza laboral real y potencial como factor productivo. Por ello, los indicadores aplicados para este análisis son: tasa de analfabetismo y nivel de instrucción de la población ocupada a nivel provincial y departamental, Unidades educativas de Nivel medio y polimodal e Índice de Evolución de la Matrícula.

Existen en la provincia centros de estudio superiores, totalizando 89 establecimientos de este nivel no universitario, y 6 Universidades, públicas y privadas con el dictado de las más variadas disciplinas a las cuales asisten más de 40.000 alumnos (CNPVyH 01).

Los conglomerados urbanos más importantes se ubican sobre las costas de los ríos Uruguay y Paraná – Paraná, Concepción del Uruguay, Concordia, Gualeguaychú- y son los centros de servicios de las áreas de mayor desarrollo relativo de la provincia.

III. 10.1.3.1 Tasa de analfabetismo

El porcentaje de analfabetismo de Entre Ríos es en general bajo, considerando el país en su totalidad, el 3,1% del total de población de 10 años o más (es analfabeta en Entre Ríos). Este porcentaje es sensiblemente menor a los de las provincias, colindantes al Norte y Noroeste (Santiago del Estero, Corrientes, Chaco, Misiones), pero mayores que los de Buenos Aires y Córdoba.

En Entre Ríos, clasificada la población en urbana y rural (mayores de 15 años) y examinando el máximo nivel de instrucción alcanzado se puede visualizar que aproximadamente el 20% de la población urbana se encuentra sin instrucción o primario incompleto, porcentaje que llega al 36% en la población rural. El 51% de la población rural tiene primario completo o secundario incompleto y el 48% en la población urbana. Sin embargo, para la población urbana los porcentajes para los niveles de secundario completo, terciario/universitario completo e incompleto de educación son muy superiores, 32,4% mientras que para la rural apenas si llegan al 13%.

En el Departamento de La Paz las tasas de analfabetismo oscilan entre un 6,3% en la localidad de Bovril y un 10,1% en la localidad de San Gustavo, debido a que es una población rural con escasas posibilidades de que los jóvenes continúen estudiando; en la ciudad cabecera departamental ese indicador es del 4,6%; la ciudad de la Paz-cabecera del Departamento- se cuenta con los distintos niveles de Educación pertenecientes al Consejo de Ecuación de Entre Ríos, los niveles primario, secundario y terciario; otro tanto sucede en la ciudad de Santa Elena donde el índice de analfabetismo es del 4,7%.

En lo que respecta a la población de Departamento de Feliciano el mayor grado de analfabetismo del departamento es la localidad de Mulas Grandes con un 16,00% y el menor se determina en ciudad de San José de Feliciano con el 6,3%.

En el departamento Federal el mayor grado índice de analfabetismo se localiza en la zona de Arroyo del Medio con un 12,30%, de niños en edad escolar

que no asisten a la escuela, dando como resultado el incremento de las Necesidades Básicas Insatisfechas. El menor indicador al respecto se da en El Gramiyal con el 6,7%. Asimismo, se observan diferencias por género, donde se visualiza que los varones presentan un mayor grado de analfabetismo que las mujeres.

En los departamentos mencionados encontramos cinco escuelas de nivel medio agrotécnicas, entre ellas se destacan las escuelas de San José de Feliciano que participa en diversas actividades con pequeños productores del ejido del departamento. Se destaca la labor e inserción en el medio rural de la escuela agrotécnica; Manuel Antequeda en el departamento La Paz. La escuela posee un programa de desarrollo junto a la comunidad que basa su accionar en la familia rural, integrando esta a la escuela y desde la escuela asistiendo a los pequeños productores de la zona de influencia. Localizada próximo a la localidad de Bovril, la escuela realiza, desde hace varios años actividades con el Programa Social Agropecuario, la Facultad de Ciencias Agropecuarias y acciones con ONGs. Los alumnos egresados de la escuela se encuentran realizando asistencia técnica a grupos Proinder y Psa. Esta experiencia es un mojón de referencia en el desarrollo local de las comunidades rurales y una experiencia inédita en la provincia.

La baja, media y alta participación e inserción de las escuelas agrotécnicas en el medio rural depende en gran medida del perfil de los referentes a cargo de las instituciones. En aquellos casos en que la formación de los directores se orienta a las diferentes habilidades agropecuarias y es permeable a la participación de la comunidad se producen intercambios favorables con el medio en el que se encuentran, en otros casos se generan distanciamientos y rupturas con la audiencia no penetrando y sensibilizando a la comunidad con valores conocidos y significativos para ella.

De gestión privada encontramos la escuela Divina Providencia en el departamento Federal, en paraje el Cimarron. En la actualidad la escuela se encuentra incursionando en la producción avícola con instalaciones de galpones

avícolas asociados a un frigorífico de la costa del Uruguay. La idea de vincular al sector privado con los establecimientos educativos orientados a la formación agropecuaria proponen un nuevo marco integrador de políticas de desarrollo. La posibilidad de que pequeños productores agrupados incursionen en acuerdos de reciprocidad con el sector privado es uno de los desafíos del fortalecimiento institucional para el desarrollo rural de la provincia.

El departamento Feliciano es el que menos establecimientos educativos posee en la cuenca del Feliciano. En algunos casos con un solo establecimiento por distrito; en total suman 8 escuelas. Las distancias entre las escuelas llega a 30 km. El departamento Feliciano prácticamente no dispone de centros asistenciales de atención primaria, disponiendo de a penas dos centros de salud, uno en San Víctor sobre la Ruta Provincial n° 1 y el otro en la cabecera departamental.

III. 10.1.4 Actividad Económica

La actividad económica principal de la zona es la producción agropecuaria, con predominio de la ganadería de cría bajo monte y en los últimos años un avance de la agricultura, básicamente el cultivo de soja y el arroz regado con agua proveniente de represas. El uso suelo se distribuye entre ganadería (88%) y agricultura (9%), correspondiendo el 3% de la superficie total a desperdicios. En el caso de la ganadería el monte y campo natural ocupan el 97% de la superficie ganadera (CNA2002, SIBER, 2009).

Existe un número importante de cabezas de ganado, estimativamente 400.000/450.000 cabezas, de las cuales el 78% corresponde a ganado bovino y el 22 % a ovinos, siendo las zonas donde se encuentra la mayor cantidad de ganado ovino de la provincia. El tipo de rodeo característico es el de cría, que representa el 87% del total de bovinos (CNA 2002, FUCOFA 2009).

Según el Proyecto SIBER de la Bolsa de Cereales de Entre Ríos –BCER-, en la zona (comprende una zona menor que la de la cuenca) y en la campaña 2007/08, se sembraron con cultivos agrícolas anuales aproximadamente 35.000 ha, de las cuales el 52% correspondió a soja con un rendimiento de 25 q/ha, el

22% a arroz, con un rendimiento de 79 q/ha, y el resto de los cultivos participa con valores menores al 10% (maíz: 8%, girasol: 7%, trigo: 6%, sorgo: 5% y lino: 1%).

III.10.1.4.1 Canales de Comercialización e Industrialización

La comercialización de granos y semillas se realiza por los canales similares a los existentes en toda el área agrícola pampeana. El productor vende a las industrias o generalmente a acopiadores o cooperativas, que a su vez vende a la industria y /o dirige la venta a la exportación. En los últimos años se ha reactivado un puerto para operar con barcazas en la localidad de Piedras Blancas, al sur del Dpto. La Paz, que permite reducir el costo del flete a Puerto Rosario.

Se pueden definir tres grandes grupos industriales involucrados en la comercialización y elaboración de cereales y oleaginosos: el molinero, el aceitero y el productor de alimentos balanceados, pero en la zona del proyecto los mismos se manifiestan en muy pocos establecimientos. El crecimiento del área bajo cultivo no ha generado la instalación de industrias que procesen localmente los granos, sino que los mismos se remiten a puertos o industrias extrazona.

En los departamentos Federal, Feliciano y La Paz la capacidad instalada para almacenamiento de granos es de 210.000 t, en su mayor parte conformada por silos instalados en áreas de producción y con destino al almacenamiento de arroz.

En La Paz se radican tres molinos arroceros que procesan producción local y existe una Cooperativa Agropecuaria que presta servicios de acopio a sus socios; esta cooperativa opera el puerto de barcazas.

Los productores de hacienda comercializan su producción a través de los canales habituales existentes en toda el área ganadera de la pampa húmeda. El ganado se vende en forma directa en estancia o remates ferias zonales. La primera de las posibilidades está abierta a establecimientos que, por el volumen y calidad de producción, resultan oferentes atractivos para la industria frigorífica regional.

La otra opción es de acceso libre para cualquier tipo de productor y existe una nutrida red de instalaciones de remate-feria que realizan subastas con periodicidad adecuada, permitiendo de tal forma comercializar lotes cuyo tamaño hace inadecuado su traslado a zonas de mayores distancias. Otra forma de venta es a través de la consignación de hacienda. Un importante volumen de la producción entrerriana se deriva a través de estos agentes a mercados de otras provincias, fundamentalmente a Liniers. Esta forma de comercializar la producción es utilizada por los productores del sur de la provincia ya que la distancia y el volumen así lo justifica. Para el año 1994, 778.000 cabezas salieron de la provincia y 533.648 cabezas se faenaron en la provincia.

Existe una forma de comercialización para el caso de las pequeñas unidades de explotación: es la venta de animales a mataderos de campaña y/ o carnicerías de pequeñas localidades rurales.

Existe un frigorífico de tránsito federal en la localidad de Feliciano, y otros de menor envergadura con tránsito local o zonal (mataderos) en Federal, Bovril, y La Paz

Otras actividades que se realizan en el territorio considerado por el proyecto, con algún nivel de importancia de acuerdo con la cantidad de productores involucrados, producto generado y/o existencia de infraestructura de transformación, son el tambo, la avicultura y la horticultura.

En el Departamento La Paz se localiza una pequeña área donde se realiza la actividad tampera en los alrededores de la localidad de San Gustavo y en el éjido de la ciudad de La Paz. Existe una Cooperativa Tampera encargada de procesar y comercializar la producción .

En la localidad de Bovril, dpto. La Paz, se localiza una industria láctea mediana (Lacteos Götte) que procesa la producción de tambos de la zona, la mayoría de reducidas dimensiones. Son tambos localizados en la zona sur del departamento, a la vera de la ruta nacional 127.

Además se pueden mencionar las actividades avícolas realizadas a nivel de unidades familiares, con destino al autoconsumo y venta del excedente. En la ciudad de La Paz, el municipio trata de incentivar el desarrollo de la producción de huevos en pequeñas unidades que se asocien para la comercialización.

La crianza de aves para carne en pequeña escala también es frecuente dentro de los subsistemas que conforman estos sistemas productivos. Los animales de granja que representen excedentes se comercializan en los pueblos y parajes y por encargo de pequeños comercios y particulares.

La horticultura es una actividad que se ha intentado desarrollar en los ejidos de la mayor parte de las localidades del territorio del proyecto, con suerte diversa. En ningún caso se ha consolidado un área como productora de hortalizas, sino que se pretende que canalicen su producción hacia la atención de las demandas locales.

En general, se puede concluir que las unidades productivas localizadas dentro de los ejidos urbanos, en su mayoría minifundios, pueden diferenciarse entre aquellos que poseen orientación productiva hacia el mercado y los pequeños productores minifundistas que satisfacen el autoconsumo familiar y generan algunos excedentes para comercialización y/o trueque. Conviven muchísimas formas de transacción de bienes y servicios que no atienden a pautas comerciales corrientes y sí a sistemas de intercambio.

Las poblaciones rurales agrupadas son receptoras, en gran medida, de productos primarios producidos por los pequeños productores. Los pequeños comercios son receptores de producción y los particulares también. La posibilidad de comercialización de productos en los parajes y pueblos la realizan generalmente los pequeños productores ubicados en las proximidades de estos pequeños centros. Se demandan básicamente hortalizas de estación, productos elaborados de origen vegetal y animal, la leña y el ladrillo.

La comercialización en los centros mas poblados, donde existen estructuras institucionales de contralor estatal (cabeceras departamentales y/o

localidades referentes del departamento por el n° de habitantes y servicios que ofrecen) encuentra dificultades originadas en el marco normativo-legal municipal relacionado a los aspectos sanitarios y bromatológicos; ello obstaculiza la circulación de estos productos no sujetos a ningún tipo de control de calidad dentro de la jurisdicción municipal. También las trabas de tipo impositivas impiden la circulación de productos de las explotaciones agropecuarias a los centros más poblados.

Existen experiencias exitosas en cuanto a comercialización de productos de grupos de pequeños productores a través del establecimiento de ferias francas municipales. La localidad de Federal es pionera en este sentido y desde hace varios años ha facilitado las instalaciones de un predio municipal para que los productores de sus colonias puedan comercializar la producción. Estos procesos aportan un gran aprendizaje para las organizaciones que desarrollan acciones con los pequeños productores y también para los grupos de pequeños productores que adquieren habilidades relacionadas al mercadeo, adaptando y mejorando continuamente el producto de acuerdo a las exigencias de la demanda. La localidad de La Paz ha iniciado acciones tendientes a fortalecer los espacios de comercialización como las ferias francas. También Feliciano sostiene, de manera precaria, una feria para la comercialización de los productos de los PPM (PROINDER, 2004).

Experiencias de comercialización en mercados concentradores fueron realizadas en años anteriores desde el departamento Feliciano con pequeños productores agrupados que comercializaron la producción de batata, encontrando en la escala de producción la posibilidad de comercializar de manera conjunta en el mercado concentrador de la ciudad de Paraná.

El capítulo de la comercialización representa uno de los grandes cuellos de botella de la gran audiencia de pequeños productores minifundistas y también de pymes agropecuarias. No se detectan redes consolidadas de organizaciones que den cuenta del tema, los canales actuales tradicionales ofrecen precarias condiciones de comercialización, operando intermediarios que ofrecen una

solución a elevados costos de transacción. Este es uno de los desafíos para las organizaciones que trabajan con la audiencia de PPM, encontrar soluciones claras y acordes con las necesidades de los pequeños productores, acercar la oferta de la demanda, generar redes de comercialización que perduren en el tiempo, estrechar la posibilidad de que los PPM y TTA se apropien del valor generado por ellos mismos (Proinder 2004).

El autoabastecimiento local representa el primer eslabón a consolidar en las localidades del centro norte de la provincia de Entre Ríos con la participación de los pequeños productores que producen para el mercado. En menor medida, los excedentes de los productores de autoconsumo encontrarían canales más amistosos para su comercialización si operan redes confiables interinstitucionales que acompañen el proceso. Establecer canales más amistosos depende, en gran medida, de la especialización de las organizaciones y la capacidad interinstitucional de conformar un programa que desarrolle el mercado de los productos de los pequeños productores.

III.10.1.5 Estructura fundiaria del área de la Cuenca

La estructura fundiaria del área de la Cuenca, considerando el territorio completo de los departamentos involucrados, se ajusta en líneas generales a la que caracteriza al territorio provincial; esto es un amplio predominio de unidades de producción de reducido tamaño, que constituyen minifundios o no cuentan con escala para realizar las actividades típicas de las zonas.

El Censo Nacional Agropecuario 2002 indica que el número de explotaciones agropecuarias –EAPs- en los departamentos Federal, Feliciano y La Paz, en conjunto, alcanza a 2908.

En los departamentos del norte -La Paz, Federal y Feliciano - las EAPs menores de 100 ha representan el 46% y ocupan una superficie equivalente al 4,57% del total. Si enfocamos en el estrato de mayor tamaño (más de 1000 ha) su número alcanza a 314 (10,79%). La superficie ocupada por dichas unidades de más de 1000 ha en los tres departamentos es de 833.794 ha (64,21%).

El 84% de las EAPs se encuentran gestionadas por personas físicas, e involucran el 54 % de la superficie en actividad. El 46% remanente de la tierra corresponde a EAPs dirigidas por sociedades de distinto tipo; las sociedades de hecho constituyen el 11% de las EAPs y manejan el 13% de la tierra, las S.A. representan el 3% de las EAPs y controlan el 17% de la superficie productiva; el resto corresponde a otros tipos de sociedades no cooperativas.

El régimen de tenencia se caracteriza porque el 74% de las EAPs tienen toda su superficie explotada por sus propietarios en los departamentos Federal, Felciano y La Paz, considerados como una sola unidad territorial. Si se consideran las EAPs que combinan tierra en propiedad con algún otro régimen de tenencia entonces la participación relativa asciende al 90%. Ello indica que el 90% de los productores son propietarios, al menos, de una fracción de su explotación Las EAPs bajo arrendamiento (sin propiedad) sólo se da en el 7% de los casos y el contrato accidental en el 1%.

La estructura fundiaria se caracteriza por el predominio de EAPs de reducida extensión en superficie. La mayoría de las mismas pertenecen al estrato de EAP's con menos de 50 hectáreas de superficie y tienen orientaciones productivas no intensivas en el uso de suelo, o sea que realizan actividades tradicionales de la región pampeana. Se considera que las mismas constituyen minifundios, es decir unidades productivas cuya dotación de recursos es marcadamente insuficiente para realizar las actividades normales de la región en la cual se encuentran, fundamentalmente tierra, capital y tecnología , siendo excedentarias en mano de obra. Este tipo de explotaciones opera con diferente racionalidad económica que la que orienta al empresario. En primer lugar, juega un papel importante la producción para el autoconsumo, el trabajo familiar no remunerado, se confunde la función productiva de la tierra con la función de asiento o residencia del grupo familiar y adquiere singular significación el ingreso extrapredial.

Se puede afirmar que la mayoría de las explotaciones agropecuarias sustentadas en el uso de reducidas superficies de suelos se encuentran en una

situación de empobrecimiento paulatino; ella surge de los desfavorables resultados económicos que obtienen de su proceso productivo desde ya hace varios años a la fecha. Existen varias causas determinantes de dicha situación, entre las que se destacan:

- Ingresos netos bajos o inexistentes derivados de ingresos brutos; también bajos y costos de estructura elevados para los niveles de producción existentes.

- Elevados gastos de comercialización que sustraen una fracción importante de los precios de venta de la producción.

- Sobredimensionamiento del parque de maquinarias y obsolescencia del mismo.

- Escasa o nula capacidad de endeudamiento de muchos productores, que impide invertir o hace gravitar excesivamente los costos financieros.

Se reconocen una serie de causas que han contribuido a generar esta situación, algunas de orden externo y otras de orden interno; entre ellas se destacan:

- Tendencia declinante, desde la década del 60, en el nivel de precios de los principales cereales y oleaginosos, originada en sobreoferta provocadas por innovaciones tecnológicas y políticas proteccionistas de agriculturas desarrolladas; asimismo, muchos países demandantes pasan a ser oferentes.

- Indicadores de productividad (rendimientos medios) de muchas actividades con lento crecimiento.

- Aumento constante de la escala de empresa necesaria para adoptar el cambio tecnológico y/o la especialización agrícola que se hace necesario para mantener niveles aceptables de rentabilidad.

- Dificultades en la transferencia tecnológica, que establece diferencias notables entre la tecnología probada disponible y la utilizada por la mayoría de los productores.

— —

- Éxodo rural y abandono de la actividad por parte de las generaciones con mayor potencial de trabajo.

- Productividad ganadera muy baja, fundamentalmente en cría, lo cual limita la tasa de extracción del rodeo global.

- Bajo nivel de capacitación de los titulares de empresas agropecuarias en aspectos técnicos y de gestión.

La situación económica desfavorable se manifiesta en una profunda descapitalización, fruto de un proceso de generación de productos cuyo valor agregado no cubre los costos de producción de las unidades. Es normal que no alcancen a cubrir el costo de reposición del capital (cuota de amortización) y existen casos en que ni siquiera se pagan los gastos de producción. En estos casos los rubros afectados son la autoasignación de retribución a la mano de obra del productor y su familia y/o los gastos que demanda la conservación y mantenimiento del capital (Villanova, 2003).

La situación de los productores que cuentan con la escala suficiente para realizar actividades agrícolas de cuño tradicional es diferente a la descrita. Desde mediados de los noventa, a partir de resultados favorables que se produjeron en la actividad agrícola, por la conjunción de altos precios de los commodities y la incorporación masiva de tecnología productiva, en base a una relación insumo producto conveniente, que permitió en la mayoría de los casos la incorporación de maquinarias nuevas a su capital de explotación, los niveles de rentabilidad de la actividad crecieron en forma considerable. Hacia fines de la década se produjo una crisis derivada de la caída de los precios de los commodities en los mercados internacionales, que afectó a la actividad debido al endeudamiento asumido para adquirir bienes de capital, pero posteriormente, el cambio de paridad monetaria suscitado en 2002 provocó un incremento en los niveles de rentabilidad, que posicionó la agricultura en una etapa de crecimiento constante. El endeudamiento asumido en el período anterior, en dólares, fue pesificado a una tasa de cambio muy baja en relación a la devaluación practicada,

y se permitió utilizar para ello bonos de la deuda pública nacional, adquiridos al 20-30% de su valor en el mercado. De acuerdo con ello las deudas en términos reales se redujeron en un 70-80%.

Dentro del área restringida, comprendida por el territorio de jurisdicción municipal, no es común localizar EAPs de estas características, aunque en muchos casos los productores a cargo de las mismas tienen residencia en alguna de las ciudades localizadas en los departamentos bajo análisis. Su participación en un proceso de desarrollo local está limitado por el nivel de vinculación personal con la comunidad, de la cual depende su interés por las acciones que pueden beneficiar a la misma. Se pueden mencionar, entre otras, las inversiones estratégicas de sus excedentes en el ámbito local y la integración de asociaciones o comisiones tendientes a la consecución de obras de infraestructura consideradas necesarias para el desarrollo.

En lo que respecta a la población residente en las EAPs, el total de la misma en los tres departamentos del norte es de 10.440 personas. De las mismas, en el primer caso se computan 1623 trabajadores sin relación familiar con el productor. Esos datos nos indican que, en promedio, existe 0,67 trabajador no familiar por EAP considerada. En el caso de aquellas cuyo tipo jurídico es una sociedad distinta de la sociedad de hecho, la relación crece a 4,7 trabajadores por unidad productiva (CNA-2002). Un dato de interés es que el 25% de la población residente no tienen relación laboral ni familiar con los titulares de las EAPs (CNA-2002).

Los tipos sociales detectados en la región son heterogéneos: coexistencia de estancieros no residentes, familias locales estancieros, peones, minifundistas; pobreza estructural; nuevos actores a partir de la reaparición de la agricultura. (Truffer et al., 2008).

III. 11 Aspectos Legales e Institucionales

III.11.1. Normativas de Agua, Suelo y Ambiental

La normativa que controla el uso de los recursos naturales es importante pero de muy baja aplicabilidad. Por la Constitución Nacional de 1994, en el Artículo 124, las provincias asumen la responsabilidad del control de los recursos naturales en el ámbito de su territorio. Es así que se han dictado leyes provinciales para agua, suelo y ambiente que han resuelto cierta problemática en el uso de los recursos, producto de adhesiones a leyes de cobertura nacional.

Se detalla a continuación el listado de leyes de injerencia en el área de la cuenca.

- Ley N° 3623 - Monte Nativo Adhesión a la Ley Nacional N° 13273.
- Ley N° 4841 - Ley de Caza.
- Ley N° 4.892 - Ley de Pesca.
- Ley N° 8318 - Manejo y Conservación de Suelos y Decreto Reglamentario N° 2877.
- Ley N° 8967 - Ley de Áreas Naturales Protegidas.
- Ley N° 9008- Línea de ribera.
- Ley N° 9172 -Regulación del uso y aprovechamiento del agua y su Decreto Reglamentario N° 7547.
- Ley N° 9678- Marco regulatorio del manejo de los recursos termales.
- Ley N° 9757- Comité de cuencas.
- Resolución N° 6491/06-SPG - Engorde Intensivo de Bovinos a Corral.
- Principios Rectores de Política Hídrica de la Republica Argentina.
- Acuerdo Federal del Agua -Consejo Hídrico Federal, 2003.

III.11.1.1 Aspecto Institucional

Para los propósitos del estudio, se han considerado instituciones actuantes en la cuenca a los niveles nacional, regional y provincial entre las cuales se encuentran las gubernamentales, no gubernamentales y privadas. Antes de detallar las instituciones en cada nivel, se deben señalar algunos procesos que se encuentran en marcha, al nivel administrativo y político, que modificarán sustancialmente el panorama institucional de la región.

III. 11.1.2 Instituciones de orden Nacional

Pertenecen a este nivel las entidades del Gobierno Nacional, representadas fundamentalmente por delegaciones asentadas en la provincia o región (Tabla III.18)

Tabla III.18. Instituciones del orden nacional intervinientes en la cuenca.

Entidad	Dependencia	Clase de Oficina	Ambito de Acción
Instituto Nacional Tecnología Agropecuaria	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca	Agencia Extensión La Paz	La Paz
Instituto Nacional Tecnología Agropecuaria	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca	Estación Experimental Agropecuaria Feliciano	Feliciano
Instituto Nacional Tecnología Agropecuaria	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca	Agencia Regional Entre Ríos	Paraná
Universidad Nacional de Entre Ríos	Facultad de Ciencias Agropecuarias	Unidad Académica	Oro Verde
Universidad Tecnológica Nacional	Facultad Regional Paraná	Unidad Académica	Paraná
Programa Social Agropecuario	Ministerio Agricultura, Ganadería y Pesca	Ayuda de pequeños productores	Nacional
Instituto Nacional del Agua	Subsecretaría de Recursos Hídricos	Centro Regional Litoral	Regional
Instituto Nacional del Agua	Subsecretaría de Recursos Hídricos	Alerta Hidrológico	Nacional
Instituto Nacional de Estadística y Censo	Ministerio de Planificación Federal de Inversión Pública y Servicios	Producción y difusión de datos estadísticos	Nacional
Servicio Meteorológico Nacional	Ministerio de Defensa	Producción y difusión de datos estadísticos	Nacional
Instituto Geográfico Nacional	Ministerio de Defensa	Generación de cartografía	Nacional
Subsecretaría de Recursos Hídricos	Ministerio de Planific. Federal de Inversión Pública y Servicios	Gestión de los Rec.Hídricos	Nacional

III. 11.1.2 Instituciones de orden Regional y Provincial

Se entiende como instituciones de orden regional y provincial aquellas cuya sede se encuentra en la región o provincia y su ámbito de acción coincide con el área de la cuenca (Tabla III.19). La misma puede o no tener presencia física en la cuenca o solo a través de la aplicación de alguna normativa que la involucre.

Tabla III.19. Instituciones provinciales o municipales intervinientes en la cuenca.

Entidad	Dependencia	Clase de Oficina	Ámbito de Acción
Dirección de Hidráulica	Secretaría de Infraestructura y Planeamiento	Dirección	Provincial
Dirección de Agricultura	Secretaría de la Producción	Dirección	Provincial
Dirección de Recursos Naturales	Secretaría de la Producción	Dirección	Provincial
Secretaría de Medio Ambiente	Ministerio de Gobierno, Justicia	Secretaría	Provincial
Dirección de Ganadería	Secretaría de la Producción	Dirección	Provincial
CORUFA	Secretaría de la Producción- Secretaría de Infraestructura y Planeamiento	Entidad Colegiada	Provincial
Policia de Entre Ríos	Ministerio de Gobierno, Justicia y Educación	Cuerpo de Seguridad	Provincial
Defensa Civil	Ministerio de Gobierno, Justicia	Dirección	Provincial
Dirección de Avicultura	Ministerio de Gobierno, Justicia	Dirección	Paraná
Municipalidad de San Jose de Feliciano	Municipio de Primera categoría	Municipal	Feliciano
Dirección de Juntas de Gobierno	Ministerio de Gobierno, Justicia	Dirección	Provincial

Dirección de Obras Sanitarias de E. R.	Ministerio de Gobierno, Justicia	Dirección	Paraná
Junta de Gobierno de	Municipio de Segunda categoría	Municipal	Sauce de Luna
Junta de Gobierno de Conscripto Bernardi	Municipio de Segunda categoría	Municipal	Conscripto Bernardi
Junta de Gobierno de Alcaraz	Municipio de Segunda categoría	Municipal	Alcaraz
Junta de Gobierno I San Gustavo	Municipio de Primera categoría	Municipal	San Gustavo
Junta de Gobierno II El Cimarrón	Municipio de Primera categoría	Municipal	El Cimarrón
Junta de Gobierno III Sir leonard	Municipio de Primera categoría	Municipal	Sir Leonard
Junta de Gobierno II Las Garzas	Municipio de Primera categoría	Municipal	Las Garzas
Junta de Gobierno II Colonia Avigdor	Municipio de Primera categoría	Municipal	Colonia Avigdor
Junta de Gobierno IV Paraje Quebracho	Municipio de Primera categoría	Municipal	Paraje Quebrachoo
Junta de Gobierno I El Solar	Municipio de Primera categoría	Municipal	El Solar
Junta de Gobierno III			Las Delicias

III. 11.1.3 Instituciones No gubernamentales y privadas

En la historia provincial han existido instituciones privadas y no gubernamentales que han tenido una gran influencia en su desarrollo. Las asociaciones de productores y cooperativas son importantes en la gestión de una cuenca, distinguiéndose las principales en la Tabla III.20.

Tabla III.20. Instituciones No Gubernamentales intervinientes en la cuenca.

Entidad	Clase de Institución	Localidad y/o Ámbito de Acción
PROARROZ	Fundación	Regional - Entre Ríos
FUCOFA	Fundación	Paraná
Cooperativa Agrícola La Paz	Cooperativa	La Paz
Bolsa de Cereales de ER	Servicios Agropecuarios	Provincial
Consejo Profesional de Ingenieros Civiles	Intermedia - Profesional	Provincial
Consejo Profesional de Ingenieros Agrónomos	Intermedia - Profesional	Provincial
Federación Agraria de Entre Ríos	Gremial	Nacional
Federacion de Asociaciones Rurales de Entre Ríos	Gremial	Provincial
Sociedad Rural Argentina	Gremial	Nacional
Asociación M' Bigua	ONG	Regional
Cooperativa de Agua Potable S.J.Feliciano	Cooperativa	San J. Feliciano

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

IV.1. Recopilación de antecedentes de la Cuenca

IV.1.1 Cartografía

La cartografía constituye la forma más adecuada y usual de presentar los resultados del uso de un Sistema de Información Geográfica. Es así que los mapas vectoriales parten de una descripción vectorial del espacio; son diferentes a los de tipo “raster” y también a los que se pueden realizar con datos de un Modelo Digital de Terreno. Esto explica la elaboración de la cartografía temática (Bosque Sendra, 1992).

En este trabajo se utilizó un método cartográfico de investigación que consistió en la aplicación y construcción de mapas temáticos para la descripción, análisis y estudio de los recursos hídricos y de los bosques nativos, con el objetivo de obtener nuevos conocimientos, características e investigación de sus interrelaciones espaciales y su predicción.

El mismo consistió en una serie de pasos, como la recopilación cartográfica, relevamiento a campo, y elaboración de los mapas base.

IV.1.2. Recopilación cartográfica, imágenes satelitales

Se efectuó una recopilación de información, una búsqueda de trabajos realizados en distintos sitios como organismos Nacionales, Provinciales y privados relacionados a la Cuenca del Feliciano.

Se hizo un recorrido previo del área de estudio que contribuyó para identificar los sitios de muestreo, estaciones de medición que organismos oficiales poseen en la cuenca, y elección de las escalas de trabajo.

Se emplearon imágenes satelitales del LANDSAT 7 ETM+ (Resolución 30x30 m), Zona 5, provistas por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE), a través de la Dirección de Ciencia y Tecnología de la provincia de Entre Ríos, en convenio con la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNER. Se seleccionaron imágenes sin distorsiones, para facilitar el procesamiento de las

mismas. En la Tabla IV.1 se detallan Escena, Proyección, Datum y Fechas de las imágenes utilizadas.

Tabla IV.1. Escenas del Satélite LANDSAT 7 ETM

Escena ETM+	Proyección	Datum	Fechas del 2003	Fechas del 2006
226/081	Gauss Krugger Argentina	WGS84	2 y 18 /01	10/01
226/082	Gauss Krugger Argentina	WGS84	18 /01	26 /01
226/081	Gauss Krugger Argentina	WGS84		25 /12
226/082	Gauss Krugger Argentina	WGS84		25/12

Se realizaron composiciones de bandas 4-5-3: (IRC, IRM, R), donde se aplicó color rojo a la banda del infrarrojo cercano (TM 4), el color verde a la banda del infrarrojo medio (TM 5) o a la banda del rojo (TM 3) y el color azul a la banda del rojo (TM 3) o a la banda del verde (TM 2) y 2-3-4 (A, R, IRC); con las que se logró una mejor identificación y diferenciación visual entre las distintas categorías de vegetación (Figura IV.1).

La recopilación del material cartográfico pertenece al Instituto Geográfico Militar, llamado actualmente Instituto Geográfico Nacional, integrado, por dos cartas topográficas Escala 1:500000 (3160 Santa Fe y 3157 Concordia); tres cartas topográficas Escala 1:250000, (3160-II La Paz: 3160-IV Villaguay; 3157-I Monte Caseros); por 13 cartas topográficas con Escala 1:100000, (3160-6, 3160-11, 3160-12, 3160-16, 3160-17, 3160-18, 3160-22, 3160-23, 3160-24, 3160-28, 3160-29, 3157-1 y 3157-7); y por las seis cartas topográficas con Escala 1:50000, 3160-12-2 San José de Feliciano; 3160-12-4 Arroyo Atencio; 3160-16-2 La Paz; 3160-16-4 Estancia El Sauce; 3160-18-2 Estancia Miñones; 3160-18-4 Estancia la Virgen; cabe aclarar que las seis cartas topográficas descriptas son las únicas en existencia que se publicaron hasta la actualidad por el IGN, todas en Proyección Gaus Kruger (Figura IV.2).

Además se utilizaron tres cartas imágenes del I.G.N, con escalas 1:250.000 (3160-II, 3160-IV, 3157-I) (Figura IV.2).

Cartas Topográficas I.G.N. 1:50000

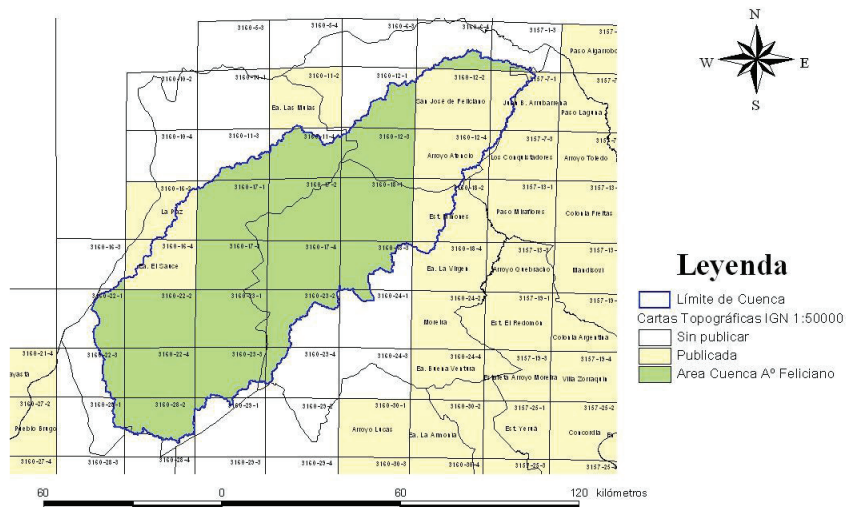


Figura IV.1. Delimitación Cuenca del Arroyo Feliciano en Cartas Topográficas.

Escala 1: 50000.

Cartas Imágenes - Cuenca del A° Feliciano

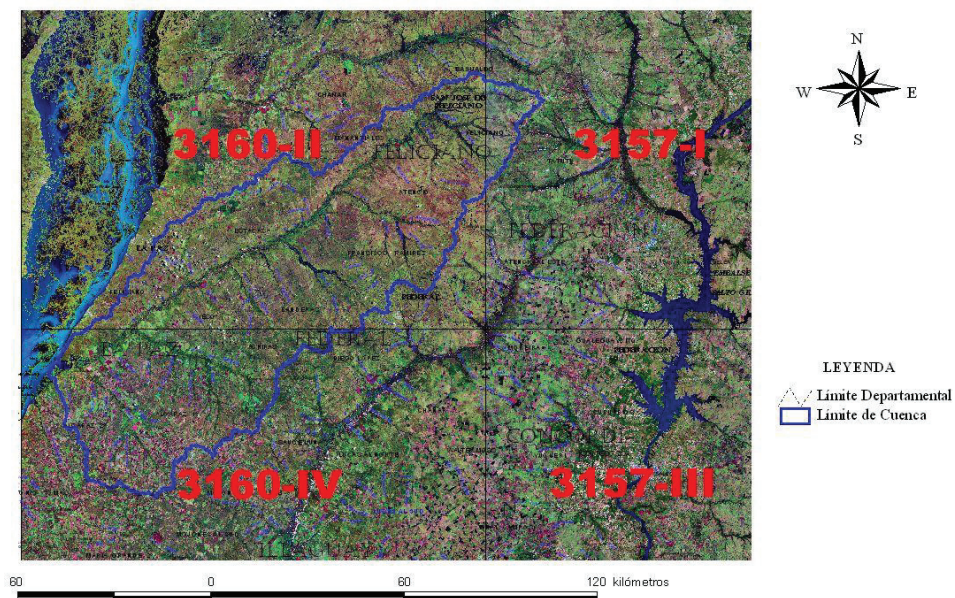


Figura IV.2. Cartas Imágenes de la Cuenca del Arroyo Feliciano

Escala 1:250000.

IV.1.2.1 Procedimiento para la corrección geométrica

Se procedió con la **interpolación espacial**, que consistió en elegir puntos de control observando detenidamente toda la imagen y seleccionando potenciales GCP bien distribuidos alrededor de la escena y hacia el centro, utilizando cartas IGM y otras imágenes georreferenciadas. Esto permitió disminuir la distorsión al máximo. La cantidad de puntos utilizados para lograr una buena corrección estuvo definida, en parte, por las características del área geográfica de la imagen y se definió antes de remuestrear la imagen. Root Mean Squared Error (RMS) fue el método usado para evaluar la calidad del algoritmo de interpolación espacial y de los GCPs seleccionados.

El **error medio estándar** (RMS) debe ser menor al tamaño de 1 píxel en las direcciones X e Y. Valores altos indican una mala selección de los GCPs. Fue necesario tomar nuevos puntos y/o quitar aquellos que presentaban altos valores de RMS, finalmente se obtuvo un RMS igual a 0.85.

Luego se continuó con la **Interpolación** de los valores radiométricos. Una vez realizada la interpolación espacial fue necesario establecer un mecanismo para determinar el valor de intensidad de la imagen de salida. Este proceso se denomina interpolación de intensidad (resampling), que consiste en la generación de valores de brillo para los píxeles de la imagen de salida a partir de los de la imagen deformada obtenida después de la interpolación espacial. El método usado de remuestreo fue el de vecino más cercano. Se guardaron los GCP input (de la imagen de referencia) y los GCP output (de la imagen referenciada), así como la ecuación de transformación con los parámetros de la proyección (*.gms).

IV.1.3 Relevamiento a campo

El primer relevamiento consistió en un reconocimiento de campo, que tuvo como objetivo la elaboración de un inventario de los puntos característicos que fueron preseleccionados en la fotointerpretación y que fueron fácilmente visibles en las imágenes satelitales, a los fines de georreferenciar las mismas.

En el mencionado relevamiento se verificaron los aspectos relevantes seleccionados como los bosques nativos, suelos, hidrografía, perforaciones, represas, localidades, caminos principales, secundarios y terciarios, vías férreas, a partir de la utilización de un GPS, de precisión decamétrica (Sistema de Posicionamiento Global) marca Garmin modelo Vista (Figura IV.3).



Figura IV.3. Tomando la posición geográfica a campo.

IV.1.4. Elaboración de los mapas base

A continuación se elaboró la cartografía base, contando con cartas topográficas, cartas imágenes y cartografía digitalizada con el fin de obtener una única base de datos. A través de un modelo digital de terreno se delimitó la cuenca del Arroyo Feliciano. Se complementó la cartografía digital existente con la información del relevamiento a campo, con sus rasgos principales, como cruce de caminos, entre otros. Se reajustó la escala final de presentación.

El material ordenado y verificado permitió abordar la aplicación de un Sistema de Información Geográfica.

IV.2. Sistema de Información Geográfica

IV.2.1. Definiciones de Sistemas de Información Geográfica

La definición más difundida dice que es “Un sistema compuesto por equipo (hardware), programas (software), información, personas, organizaciones y arreglos institucionales para coleccionar, almacenar, analizar y difundir información sobre regiones de la Tierra” (Dueker y Kjerne, 1989).

Las estrategias de planificación para el manejo sustentable de las tierras y los recursos naturales en general, necesitan datos sólidos sobre suelo, fisiografía, clima, vegetación y uso de las tierras, entre otros. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la teledetección desempeñan un papel importante para relacionar y analizar estos datos, especialmente los que se refieren a la detección, cálculos de áreas y seguimiento (Van Lynden y Mantel, 2001). El papel de la teledetección recibe una atención especial, ya que es el único método que puede monitorear las tierras en forma completa y directa, a escalas regional y nacional (Dymond et al., 2001).

“Un SIG proporciona un almacenamiento coherente de la información espacial, que puede ser actualizada o manipulada con el mismo esfuerzo. Permite obtener modelos cartográficos, a partir de la transformación o combinación de diversas variables; señalar corredores de una determinada distancia a un río o carretera, realizar tablas de coincidencias entre dos o más mapas, calcular pendientes, exposiciones o medidas de textura, superponer dos o más capas de información, entre otros. Así mismo, facilita la presentación gráfica de los resultados, al permitir el acceso a diversos periféricos controlados por ordenadores” (Chuvieco, 1996).

Desde un punto de vista del procesamiento de los datos, podemos decir que un SIG es: “Un sistema de bases de datos en el cual la mayor parte de la información está indexada espacialmente, sobre la cual opera una serie de procedimientos que permiten responder a preguntas sobre entidades espaciales en la base de datos” (Smith et al., 1987).

Técnicamente se puede definir un SIG como una **tecnología de manejo de información geográfica** formada por equipos electrónicos (**hardware**) programados adecuadamente (**software**) que permiten manejar una serie de **datos** espaciales (información geográfica) y realizar análisis complejos con éstos siguiendo los criterios impuestos por el equipo científico (**personal**).

IV.2.2. Los Sistemas de Información Geográfica en el manejo de cuencas

Queda claro que los Sistemas de Información Geográfica (SIG), son una alternativa en la gestión de datos de distintas fuentes, diversas escalas geográficas y soportes, ya que permiten integrar fácilmente imágenes, bases de datos relacionales y aplicaciones de software; algunos de ellos, poseen potentes algoritmos de análisis espacial, temporal, estadístico y lógico, permitiendo presentar los resultados en forma de mapas temáticos. Tienen la capacidad de procesar imágenes obtenidas de sensores remotos que proveen datos actualizados de las regiones geográficas para un diagnóstico de los recursos naturales (Figura IV.4).

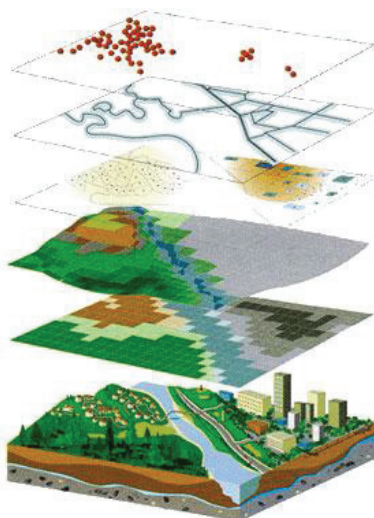


Figura IV.4. Esquema de representación de un sistema de información geográfica.

(Extraído de: www.sabia.tic.udc.es 2012).

Un SIG, entonces, es un conjunto de herramientas que combina cartografía con bases de datos asociadas, permitiendo la interacción entre ellas para resolver situaciones espaciales o territoriales (Figura IV.5).

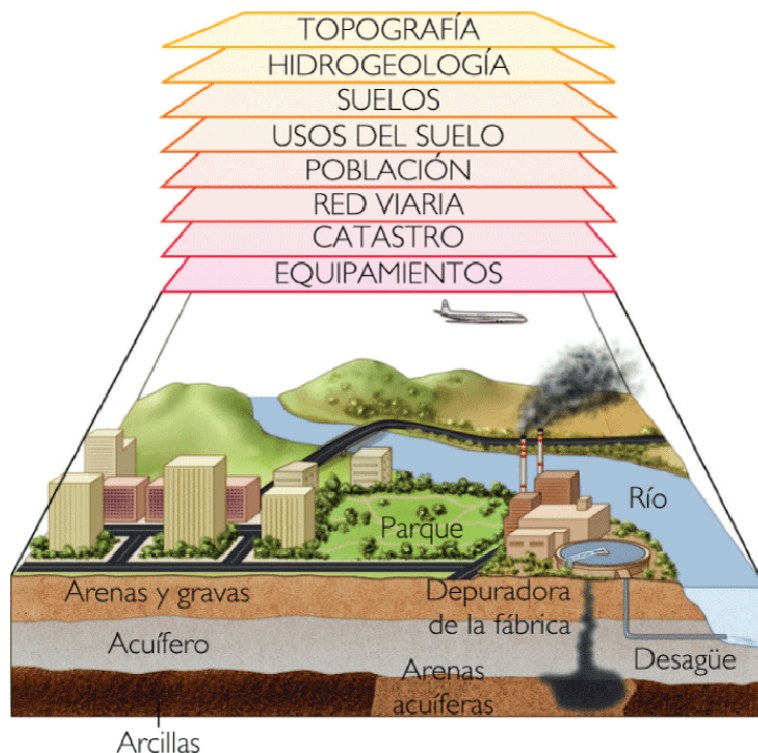


Figura IV.5. Esquema de representación de un sistema de información geográfica.

(Extraído de: www.Kalipedia 2012).

Por ejemplo, un bosque tiene su correspondiente forma plasmada en un plano y posee otros datos asociados (curvas de nivel, composición florística, altura de estratos, fauna, densidad, edad, entre otros.). Un SIG agrupa toda esta información y permite la interacción de los datos a través de distintos mapas temáticos que contestan preguntas como ¿dónde?, ¿cómo?, ¿por qué?, ¿cuánto?, entre otros, que son útiles para tomar las mejores decisiones, basadas en el conocimiento de la geografía y el análisis espacial.

La utilización conjunta de un SIG con tecnologías como la teledetección espacial, GPS, etc., configuran un sistema complejo de gran eficacia, capaz de dar respuesta y orientar acciones públicas y privadas, que afectan al territorio.

Los sistemas de información geográfica son una herramienta de inestimable ayuda para el desarrollo de las diversas fases de un estudio hidrológico y de bosques nativos, sirviendo como medio de almacenamiento, gestión y análisis de las capas de información que habitualmente en ellas se utilizan, así como un instrumento para desarrollar diversas tareas en el proceso de modelación de los procesos hidrológicos (Estrela, 1994).

IV.2.3. Estructura de un sistema de información geográfica

(Extraído de Metodologías de Estudio Avanzadas en Geología y Ciencias de la Tierra, 2002)

Son cuatro los elementos constitutivos de un sistema de estas características:

Hardware - Software - Datos geográficos - Equipo humano. (Figura IV.6).

A lo largo del tiempo, el peso de cada uno de los elementos dentro de un proyecto S.I.G. ha ido cambiando mostrando una clara tendencia: los datos geográficos se hacen cada vez más necesarios y son los que consumen hoy día la mayor parte de las inversiones en términos económicos y de tiempo.

El condicionante principal a la hora de afrontar cualquier proyecto basado en SIG lo constituye la disponibilidad de datos geográficos del territorio a estudiar, y es además el **elemento diferenciador** de un Sistema de Información Geográfica; de este modo la información, además de la **temática** de los datos, brinda la **delimitación espacial** de los mismos.

Por tanto, el SIG tiene que **trabajar a la vez con ambas partes** de información: su forma perfectamente definida en plano y sus atributos temáticos asociados. Es decir, tiene que trabajar con cartografía y con bases de datos a la vez, uniendo ambas partes y constituyendo con todo ello una sola **base de datos geográfica**.

Esta capacidad de asociación de bases de datos temáticas junto con la descripción espacial precisa de objetos geográficos y las relaciones entre los

mismos (**topología**) es lo que diferencia a un SIG de otros sistemas informáticos de gestión de información.

La construcción de una base de datos geográfica se realiza generalmente en **capas** y, dependiendo de la utilidad que se vaya a dar a la información a compilar, se seleccionan las capas temáticas a incluir.

Las relaciones espaciales entre los objetos geográficos (**topología**) no pueden ser obviadas por el sistema; y aunque a nivel geográfico las relaciones entre los objetos son muy complejas, siendo muchos los elementos que interactúan sobre cada aspecto de la realidad, la topología de un S.I.G. reduce sus funciones a cuestiones mucho más sencillas y, de acuerdo a la forma en que se modelice esta topología tendremos los distintos tipos de Sistemas de Información Geográfica:

S.I.G. Vectoriales, S.I.G Raster, S.I.G. Orientados a Objetos

No existe un modelo de datos que sea superior a otro, sino que cada uno tiene una utilidad específica.

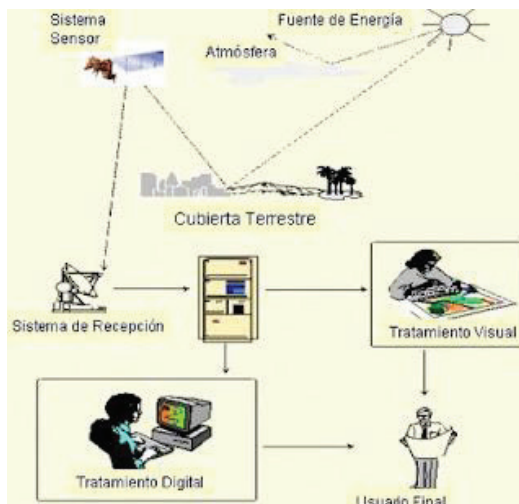


Figura IV.6. Estructura de un Sistema de Información Geográfica.

Fuente: Chuvieco, 1996.

La metodología utilizada en el presente trabajo se basa en la aplicación de conceptos y herramientas SIG destinados al ordenamiento territorial tomando la

cuenca hidrográfica como unidad de planificación. El proceso completo se muestra en la Figura IV.7

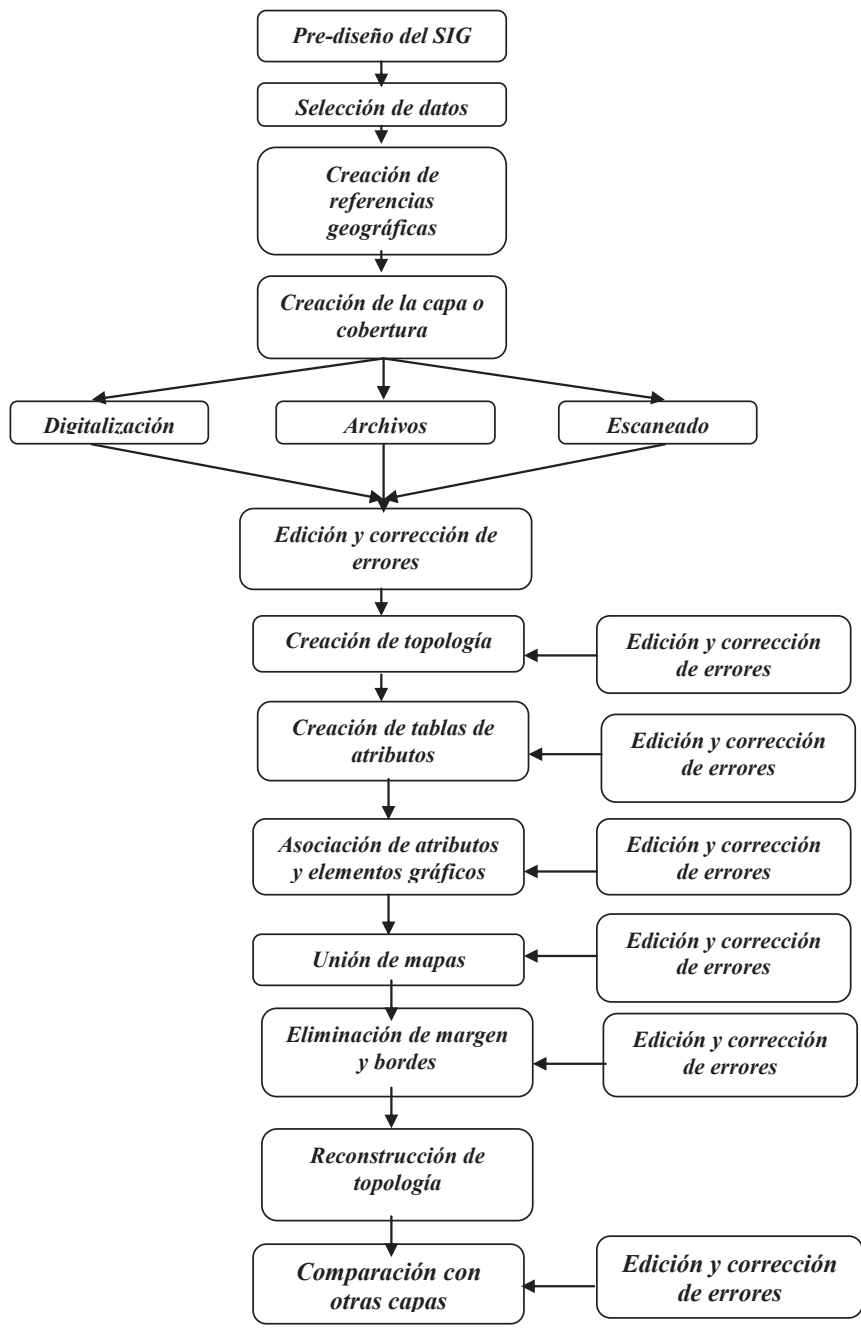


Figura IV.7. Diagrama operacional de las tareas realizadas en la confección de cada capa o cobertura. (Fuente: Quintas, 1994).

El proceso seguido incluyó definir los objetivos y metas que se pretendieron alcanzar en el análisis, especificar las capas (coberturas) de datos y recopilar la información necesaria. Posteriormente se digitalizó la información geográfica y se ingresaron los datos en tablas de atributos en el SIG ArcView 3.2.

IV.2.4. Implementación del SIG de la Cuenca del Arroyo Feliciano

Detalle de la Metodología. La realización del SIG para esta cuenca, al comienzo, necesitó de una definición de sistemas de coordenadas, organización y sistematización de la información cartográfica disponible. Se empleó el software ARCVIEW 3.2 (ESRI, 1999) para la digitalización, compilación y posterior carga de atributos de las entidades geográficas y el diseño de las vistas con temas específicos para definir proyectos particulares.

La construcción de una base de datos geográfica se realizó en capas temáticas, y se seleccionaron dependiendo de la utilidad que se le dio a la información a compilar. La topología no puede ser obviada por el sistema; y de acuerdo a la forma en que se modelice ésta, tendremos los distintos tipos de Sistemas de Información Geográfica: Vectoriales, Raster y Orientados a Objetos. No existe un modelo de datos que sea superior a otro, sino que cada uno tiene una utilidad específica.

IV.2.4.1 Definición de escalas de trabajo

La generación de información base y temática en la presente tesis fue levantada en su mayoría a escala 1:20.000 y a través del levantamiento de información primaria con GPS, como los puntos de observación meteorológica, calidad de agua, toma muestra de suelos, bosques nativos, entre otros. Sin embargo, la mayoría de la información recopilada, se encuentra a escala 1:50 000 y 1:100 000.

IV.2.4.2 Fuentes de Información empleadas

Se describe las fuentes de recopilación de los mapas digitales topográficos, de vegetación, de suelos, de unidades del relieve del terreno, que entre otros sirvieron de insumos para la cartografía digital temática del sistema de información geográfica confeccionado para este estudio.

También se emplearon trabajos complementarios de digitalización y levantamientos con GPS.

La información utilizada incluye aspectos agronómicos, hidrológicos, topográficos, meteorológicos y socioeconómicos. Aspectos geográficos y de atributos fueron obtenidos en entidades del Estado y de relevamientos de campo realizados por integrantes del proyecto de investigación PICTO N° 30778, dentro del cual se enmarca este trabajo.

IV.2.4.3 Cartografía digital temática recopilada

Se dispuso de información en diferentes formatos y escalas, siendo la principal fuente de cartografía temática: la generada por la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Entre Ríos, a través de sus proyectos de Investigación, de la Dirección de Hidráulica del Gobierno de Entre Ríos y de ciertos organismos nacionales. A continuación se citan las fuentes de información que se emplearon:

- Sistema de Información Geográfica del Instituto Geográfico Nacional S.I.G. 250 (IGN, 2000).

- Atlas Digital de los Recursos Hídricos Superficiales de la República Argentina. CD-Rom. Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación–Instituto Nacional del Agua, Buenos Aires (SSRH-INA, 2002).

- Sistema de Información Geográfica de los Recursos Hídricos de Entre Ríos, disponible en la dirección: <http://www.hidraulica.gov.ar> y S.I.G.R.H.E.R. v1.0 (Sistema de información Geográfica de los Recursos Hídricos de Entre Ríos- Duarte et al., 2007).

- Primer Inventario de Bosques Nativos (UMSEF 2003/2004/2006/2008).

IV.2.4.4 Cartografía digital temática digitalizada

El presente estudio ha requerido de la adecuación de cartografía en papel que ha sido convertida del formato analógico al digital mediante el proceso de digitalización (previamente escaneado) en pantalla en el programa informático ArcView 3.2. Posteriormente, fue corroborado a campo con la utilización de un GPS y así resolver algunas dudas que se presentaron en el proceso. Algunas de las capas shape generadas, fueron el mapa de uso, cobertura del suelo, bosques nativos y caminos principales y secundarios, red hidrológica, mapa de suelos, entre otros.

IV. 2.4.5 Levantamiento de información primaria con GPS

Las mediciones con GPS para el levantamiento de información primaria sirvieron para la generación de información temática como por ejemplo los sitios de observación meteorológica, hidrológica, sitios de muestreos de suelos, bosques nativos y aguas, rutas, caminos secundarios y terciarios, entre otros.

IV.2.4.6 Organización de la información geográfica

La información estructurada en el SIG, como ya se mencionó, permite administrar, gestionar, analizar y modelar situaciones en el espacio territorial de la cuenca, potenciando su uso como herramienta de apoyo en la planificación de actividades y la toma de decisiones.

Las imágenes satelitales básicas utilizadas, mencionadas anteriormente pueden observarse en la Figura IV.8, donde se detalla la red hidrológica de la Cuenca.

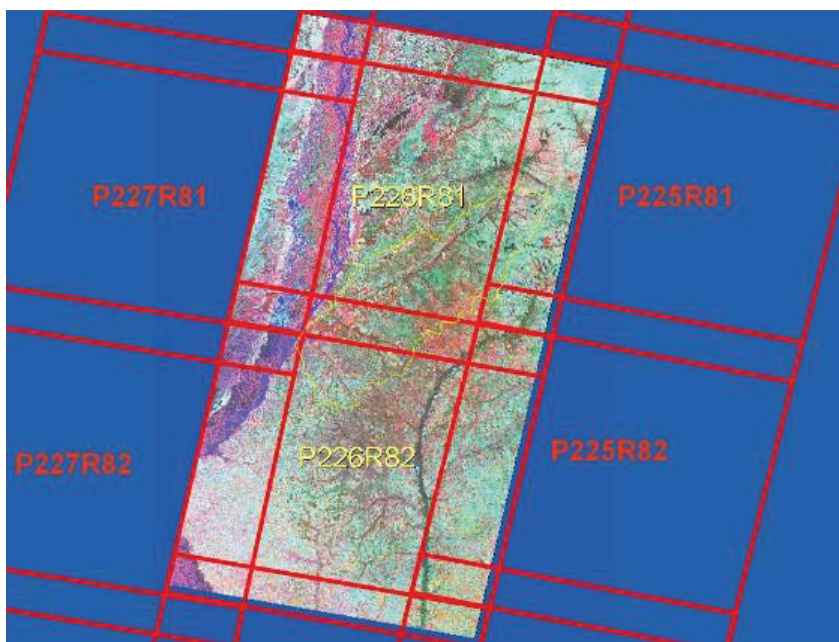


Figura IV.8. Imágenes satelitales utilizadas en la Cuenca.

Se detallan a continuación las etapas cubiertas:

- Recopilación de información en soporte papel.
- Recopilación de información en soporte digital.
- Corrección geométrica y radiométrica de imágenes satelitales.
- Utilización de Software ERDAS 8.3 (ERDAS IMAGINE, 1997), para la obtención del mosaico de imágenes satelitales y para la confección de un Modelo Digital de Elevación con datos de la misión SRTM de NASA.
- Utilización de Software ArcView 3.2 (ESRI, 1999) para la delimitación de la cuenca y subcuencas hidrográficas a partir del Modelo Digital de Elevación, para obtener el Mapa de Aspecto de pendientes o Dirección de flujo y de Acumulación de flujo a partir del Modelo Digital de Elevación y para obtener la red de drenaje a partir del Modelo Digital de Elevación (Figura IV.9).

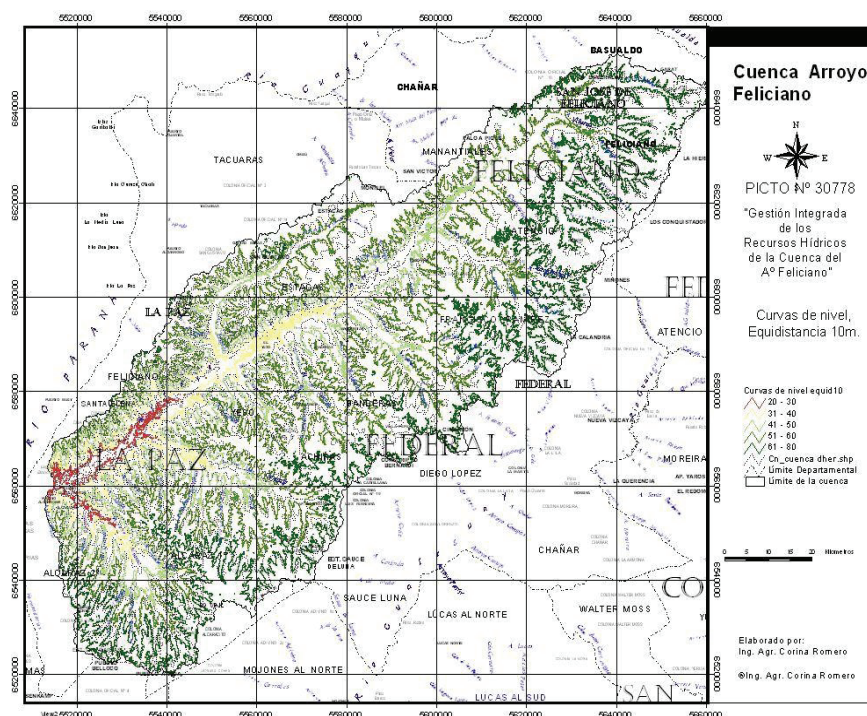


Figura IV.9. Curvas de Nivel de la cuenca del Arroyo Feliciano.

(Elaboración propia, 2009)

Las Figuras IV.8, IV.9 y IV.10, son ejemplos de salidas gráficas del Sistema de Información Geográfica con capas temáticas elaboradas.

Para la delimitación de la cuenca hidrográfica se realizó un modelo digital del terreno (MDT), con datos de la misión SRTM de NASA. El MDT resultante tiene una resolución de 90 m, por lo que los resultados obtenidos son válidos a escala 1:25.000.

El MDT se reproyectó en el sistema requerido (Gauss Krugger Argentina, Faja 5 (61.5W - 58.5W), Datum WGS84, unidades en metros), se eliminaron las depresiones que pueda haber dentro del MDT y se almacenó como Raster.

Se realizó una capa raster de dirección del flujo, y una de acumulación de flujo. Se generó automáticamente la cuenca aportante en el punto determinado como desembocadura. El resultado fue el perímetro de la cuenca al punto seleccionado.

Se obtuvo la red hídrica del MDT mediante la capa de dirección de flujo. Como el trazado de un curso de agua depende de la resolución del MDT de partida (80 m es la que trae por defecto el SRTM fuera de USA), se contrastó el resultado con una imagen de satélite Landsat y se ajustó el trazado de las líneas a la imagen. La tabla de atributos se completó con datos como nombre, longitud, tipo, régimen, cuenca, departamento, provincia, país, hoja IGM, entre otros. Las capas vectoriales restantes, fueron digitalizadas en pantalla (Figura IV.10).

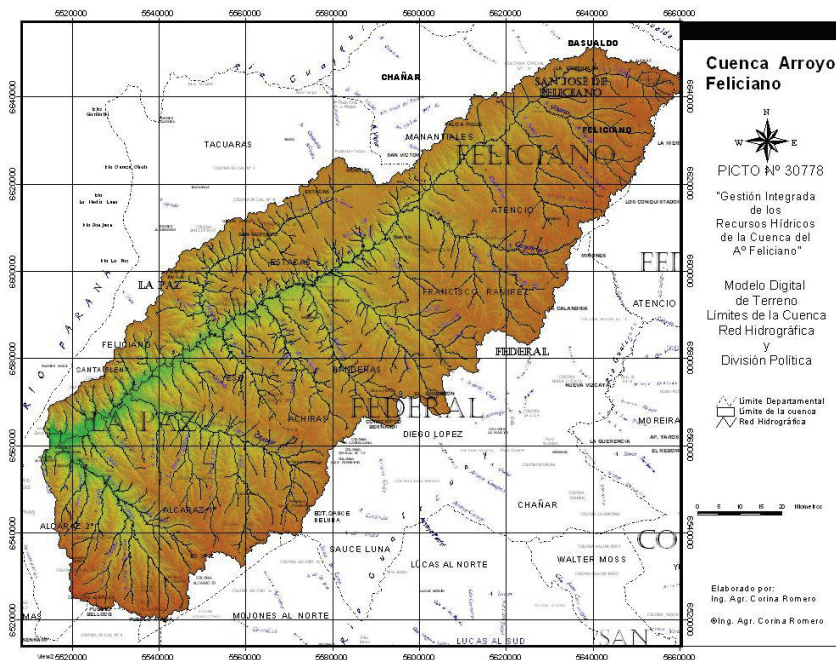


Figura IV.10. Modelo digital del terreno. (Elaboración Propia).

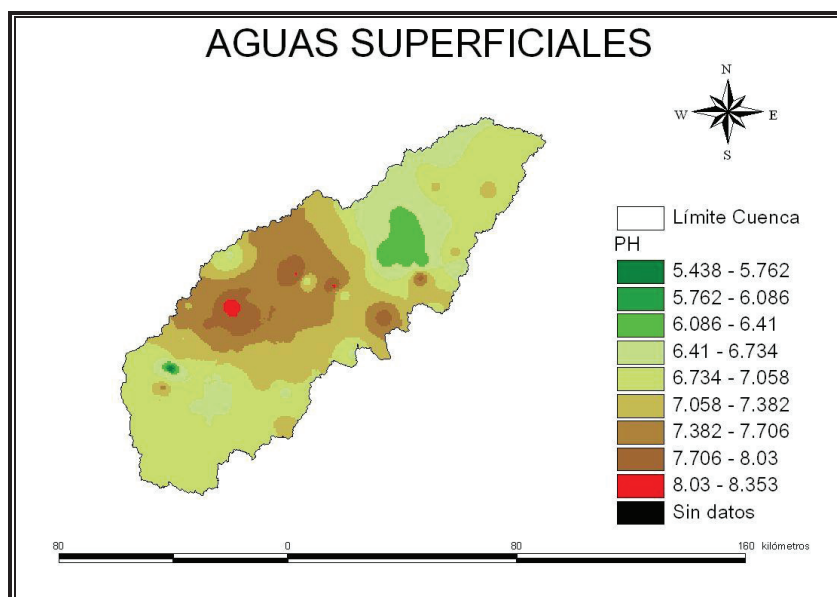


Figura IV.11. Aguas superficiales cuenca A. Feliciano. pH (n=65).

(Elaboración Propia)

IV.3 Balance Hídrico de la Cuenca

El ciclo hidrológico de una cuenca es el foco central de la hidrología. No tiene principio ni fin y sus diversos procesos ocurren en forma continua (concepto de ciclo cerrado).

En una visión planetaria el agua se evapora desde los océanos y desde la superficie terrestre para volverse parte de la atmósfera; el vapor de agua se transporta y se eleva en la atmósfera hasta que se condensa y precipita sobre la superficie terrestre o los océanos; el agua precipitada puede ser interceptada por la vegetación, convertirse en flujo superficial sobre el suelo, infiltrarse en él, correr a través del suelo como flujo subsuperficial y descargar en los ríos como escorrentía superficial.

La mayor parte del agua interceptada y de escorrentía regresa a la atmósfera mediante la evaporación.

El agua infiltrada puede percolar profundamente para recargar el agua subterránea de donde emerge en manantiales o se desliza hacia los ríos para

formar la escorrentía superficial, y finalmente fluye hacia el mar o se evapora en la atmósfera a medida que el ciclo hidrológico continúa (Chow et al., 1994).

El balance hídrico es un método que partiendo del conocimiento de las precipitaciones medias mensuales y de la evapotranspiración mensual estimada de una cuenca, permite determinar excesos y déficit en el suelo a lo largo de un período de tiempo; a partir de ello se utiliza para clasificaciones climáticas, definir la hidrología de una zona y para la planificación hidráulica.

El método directo del balance hídrico se utilizó para la cuenca del Arroyo Feliciano, a los efectos de determinar períodos de probabilidad de déficit y su cantidad; y realizar un análisis de la sensibilidad de la respuesta de la cuenca ante distintos valores de Capacidad de Campo. Con estos resultados se evalúan los periodos donde es necesario aplicar riego complementario para el desarrollo agrícola (Larenze y Zamanillo, 2009).

Partiendo del conocimiento de las precipitaciones medias mensuales y de la evapotranspiración mensual estimada, se puede estudiar el balance del agua en el suelo a lo largo del año.

El conocimiento del balance de humedad (balance hídrico) es necesario para definir la falta y excesos de agua y es de aplicación para las clasificaciones climáticas, definir la hidrología de una zona y para la planificación hidráulica. En este tema se aborda el método de estimación del balance hídrico directo.

En el método directo el agua del suelo se va perdiendo mes a mes hasta agotar la reserva para poder cubrir las necesidades de agua (evapotranspiración).

Se empleó una planilla de cálculo de acuerdo al método de directo para el cálculo de Balance Hídrico. Las variables de entrada son la Precipitación mensual, la Evapotranspiración mensual y la Capacidad de Campo.

Como variable de salida muestra la diferencia de Precipitación-Evapotranspiración Potencial, Evapotranspiración Real, Reserva, Exceso y Déficit.

IV.3.1 Método Directo del Balance Hídrico

(Modificado de Larenze y Zamanillo, 2009)

El balance hídrico seriado por el método directo, consiste en definir mes a mes los siguientes parámetros (en mm).

P: Precipitación media o mediana mensual

ETP: Evapotranspiración (potencial o de referencia)

P-ETP: Diferencia entre la P y la ETP

R: Reserva

ΔR : Variación de la reserva

ETR: Evapotranspiración real

D: Déficit

E: Exceso

A continuación se analizan los diferentes parámetros.

P-ETP

Es el balance mensual de entradas y salidas potenciales de agua del suelo. La diferencia clasifica los meses en secos ($P-ETP < 0$) y en húmedos ($P-ETP > 0$) según las entradas superen o no a las salidas potenciales.

R: Reserva del suelo

Cuando en un mes se produzcan más entradas que salidas, ($P > ETP$) el agua sobrante pasará a engrosar la reserva del suelo; por el contrario, cuando las salidas sean mayores que las entradas se reducirá la reserva del suelo.

Sin embargo, el suelo tiene una capacidad de retención de humedad en función de sus características físicas y cuando se alcance la capacidad de retención máxima del suelo, el agua añadida "en exceso" escurrirá superficialmente o en profundidad. Por tanto se debe exponer el concepto de

reserva máxima o cantidad de agua por unidad de superficie (mm) que el suelo es capaz de almacenar en su perfil.

Ese valor de reserva máxima se denomina Capacidad de Campo (CC) y se lo considera como referencia para comparaciones entre distintas zonas climáticas (independientemente del suelo y vegetación). Thornthwaite y Mather (1955), dieron valores de reserva máxima entre 50 y 400; por otro lado Thornthwaite (1948), en su clasificación climática utilizó como referencia climática la reserva de 100 mm, y Turc (1961), en su índice de productividad agrícola, emplea una reserva de 100 mm (RFU = "reservoir facilement utilisable").

Si se quiere modelizar la realidad, desde un punto de vista edafológico, o para regadío, se puede calcular para cada horizonte del suelo (y para la suma de todos hasta la profundidad efectiva del perfil edáfico) la capacidad para retener agua como diferencia entre el contenido de agua a capacidad de campo y en el punto de marchitamiento o estimarlo en función de las respectivas texturas.

Si se considera también la vegetación, la profundidad del suelo donde tienen lugar las pérdidas por evapotranspiración viene definida por la profundidad del sistema radicular de la vegetación y, por tanto, la reserva máxima (capacidad de campo) será la capacidad del suelo para retener agua hasta esa profundidad.

En el balance hídrico, la reserva se calcula agregando los incrementos (P-ETP) cuando estos son positivos. Así la reserva en el mes "i" (en función de la del mes anterior "i-1") será:

$$R_i \begin{cases} R_{i-1} + (P_i - ETP_i) & \text{si } 0 < R_{i-1} + (P_i - ETP_i) < R_{max} \\ R_{max} & \text{si } R_{i-1} + (P_i - ETP_i) > R_{max} \\ 0 & \text{si } R_{i-1} + (P_i - ETP_i) < 0 \end{cases}$$

Los valores de la reserva se irán acumulando mes a mes en el período húmedo, según los incrementos (P- ETP > 0), y disminuirán al llegar el período

seco, decreciendo mes a mes según los valores mensuales ($P-ETP < 0$). Como se ha visto, la reserva nunca tendrá como valor uno mayor que la Capacidad de Campo, ni un número negativo.

Como se aprecia en la ecuación, se necesita la reserva del mes anterior para comenzar el cálculo de la reserva, por ello, se asigna un valor hipotético a un mes y se realizan ciclos anuales de cálculo (aunque el cuadro del balance hídrico tenga un mes inicial y otro final) hasta que la hipótesis de la cual se parte se confirme al final del ciclo. A efectos de cálculo, se suele suponer que después del período seco la reserva del suelo es nula, en consecuencia se empieza el cálculo de "R" con el primer mes húmedo y se asigna al mes anterior una reserva nula. Si, tras los cálculos, al final del período seco quedase agua en el suelo, se deberán recalcular las reservas agregando la reserva existente al final del período seco a las reservas del período húmedo.

Si de nuevo se modificase la reserva del último mes seco se volvería a calcular otra vez la reserva.

Si todos los meses son húmedos se pueden utilizar los supuestos anteriores, pero en todo caso se llegara a que la reserva es igual a la reserva máxima para todos los meses. Por el contrario, si todos los meses son secos la reserva será nula en todos los meses.

ΔR : Variación de la reserva

Es la diferencia entre la reserva del mes en el que se realiza el cálculo y la reserva del mes anterior:

$$\Delta R_t = R_t - R_{t-1}$$

ETR: Evapotranspiración real

Aunque según el clima habrá una capacidad potencial de evapotranspirar la ETP sólo se podrá evapotranspirar tal cantidad si hay agua disponible.

La evapotranspiración real es el volumen de agua que realmente se evapotranspira en el mes dependiendo de que haya suficiente agua disponible

para evaporar y así llegar a la ET potencial o de referencia o no (por tanto, la ETP_i es siempre mayor o igual a la ETR_i). El agua disponible para evaporar será la que cae como precipitación en el mes considerado y la existente en la reserva del suelo.

En el período húmedo, al cubrir la precipitación la demanda potencial la ETR es igual a la potencial; es decir,

$$ETR_i = ETP_i$$

En el período seco, el agua que se evapora será el agua de precipitación más la que se extrae del suelo ó variación de la reserva; es decir:

$$ETR_i = P_i + |\Delta R_i|$$

D: Déficit de agua

Es el volumen de agua que falta para cubrir las necesidades potenciales de agua (para evaporar y transpirar).

Por tanto, el Déficit de agua es:

$$D_i = ETP_i - ETR_i$$

E: Exceso de agua

Es el agua que excede de la reserva máxima y que se habrá perdido por escorrentía superficial o profunda.

Por tanto:

$$\begin{array}{ll} E_i = (P_i - ETP_i - R_i) & \text{si } (P_i - ETP_i) > 0 \\ E_i = 0 & \text{si } (P_i - ETP_i) \leq 0 \end{array}$$

Como es lógico, sólo puede haber exceso si la precipitación ha compensado previamente la ETP.

IV.3.2 Balance Hídrico Seriado

La metodología del balance hídrico seriado por el método directo, se aplicó a la cuenca del Arroyo Feliciano a los efectos de identificar la presencia y la magnitud de períodos con déficit hídrico para evaluar las necesidades eventuales de riego complementario para el desarrollo agrícola, teniendo en cuenta especial atención al cultivo de arroz.

Los objetivos específicos de la aplicación del balance hídrico son:

- a) Analizar los meses del año en que se presentan déficits y excesos con mayor probabilidad.
- b) Cuantificar la magnitud de los déficits para pre-estimar las necesidades de riego complementario.
- c) Realizar un análisis de sensibilidad de la respuesta de la cuenca al parámetro capacidad de campo.

El Método Directo para el cálculo de Balance Hídrico, utiliza como variables de entrada la precipitación mensual, la evapotranspiración mensual y la capacidad de campo. Las variables de salida son la diferencia de precipitación menos evapotranspiración potencial, evapotranspiración real, reserva, exceso y déficit.

Para el análisis hídrico seriado se utilizaron, como datos de entrada, la precipitación media en la cuenca, calculada como promedio de Thiessen sobre las estaciones existentes y la evapotranspiración de tanque de la Estación Feliciano en el periodo 1986-2005.

Para estimar la magnitud media de la capacidad de campo (CC) se analizaron estudios antecedentes realizados por la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNER (Sollier, 2000) y por la Dirección de Hidráulica de Entre Ríos (DHER, 1994).

Para el análisis hídrico seriado se tuvo en cuenta, como datos de entrada, la precipitación media en la cuenca y la evapotranspiración de tanque de la

Estación Feliciano en el periodo 1986-2000 y el valor de la capacidad de campo (CC).

Teniendo en cuenta la variabilidad de los resultados en la relación con la capacidad de campo, la cual puede variar en el área total de la cuenca, se adoptó un valor de 180 mm y luego se efectuó un análisis de sensibilidad con dos valores envolventes, 140 y 220 mm respectivamente.

Considerando que el cultivo más extendido en la cuenca es el arroz se prestó especial atención a su ciclo vegetativo, el cual se extiende entre setiembre y marzo.

IV.4. Caracterización hidroclimática

(Modificado de Tito et al., 2009)

Para la caracterización hidroclimática de la cuenca, se realizó un análisis básico de la información pluviométrica, de temperatura, de evaporación y de vientos de la estación meteorológica Feliciano y se efectuó una comparación con los valores característicos del norte de la provincia de Entre Ríos. Se utilizaron las clasificaciones climáticas de Köeppen y de Martonne, el índice la caracterización climática de Lang; el índice Dantin Cereceda y Revenga, y el criterio UNESCO-FAO.

Se determinó la serie de precipitaciones medias mensuales, utilizando el método de los polígonos de Thiessen calculados sobre 11 estaciones. Se dividió la cuenca en 18 subcuencas y mediante la misma metodología mencionada se estimaron las series de precipitaciones medias en cada una de las mismas.

También se presenta el inventario y análisis de los datos hidrométricos existentes en las estaciones Paso Medina y Paso Quebracho, incluyendo una síntesis mensual y un análisis estadístico de las permanencias diarias. Se presenta la curva de descarga en Paso Medina.

IV.4.1. Clasificación Climática de Köppen

Köppen propuso una clasificación climática en la que se tiene en cuenta tanto las variaciones de temperatura y humedad como las medias de los meses más cálidos o fríos, y lo más importante, hace hincapié en las consecuencias bioclimáticas. En su clasificación utiliza letras para denominar a los climas. En esta clasificación, en realidad, no se puede hablar de regiones climáticas, aunque se hace de manera general, sino qué tipo de clima existe en un lugar atendiendo a los criterios mencionados.

En la clasificación de Köppen, el clima se divide en grupos climáticos, subgrupos y subdivisiones. Los grupos climáticos se establecen en función de la temperatura mensual media: Tabla IV.2.

Tabla IV.2. Grupos climáticos según Köppen.

Tipo	Clasificación	Temperatura Media Mensual
A	Climas lluviosos tropicales	El mes más frío tiene una temperatura superior a los 18 °C
B	Climas secos	La evaporación excede las precipitaciones. Siempre hay déficit hídrico
C	Climas templados y húmedos	Temperatura media del mes más frío es menor de 18 °C y superior a -3 °C y al menos un mes la temperatura media es superior a 10 °C
D	Climas boreales o de nieve y bosque	La temperatura media del mes más frío es inferior a -3 °C y la del mes más cálido superior a 10 °C
E	Climas polares o de nieve	La temperatura media del mes más cálido es inferior a 10 °C y superior a 0 °C
F	Clima de hielos perpetuos	La temperatura media del mes más cálido es inferior a 0 °C

Los subgrupos dependen de la humedad y el régimen de precipitaciones durante el año. Los dos primeros se escriben con mayúscula y el resto con minúscula (Tabla IV.3).

Tabla IV.3. Subgrupos climáticos según Köeppen.

Subgrupo		
S	Semiárido (estepa)	Sólo para climas de tipo B
W	Árido (desértico)	Sólo para climas de tipo B
f	Sin estación seca	Sólo para climas de tipo A, C y D
m	Húmedo con una corta estación seca	Sólo para climas de tipo A
w	Estación seca en invierno	Sólo en posición baja
s	Estación seca en verano	Sólo en posición alta

Las subdivisiones dependen de características adicionales de la temperatura. Se expresan en minúscula (Tabla IV.4).

Tabla IV.4. Subdivisiones según Köeppen.

Subdiv		
a	La Temp. media del mes más cálido supera los 22 °C	Para climas tipo C y D
b	La Temp. media del mes más cálido es inferior a 22 °C	Para climas tipo C y D
c	La Temp. media del mes más frío es inferior a -38 °C	Para climas tipo D
h	La temperatura media anual es superior a 18 °C	Para climas tipo B
k	La temperatura media anual es inferior a 18 °C	Para climas tipo B

IV.4.2 Índices Climáticos

Índice de Lang

El índice termopluviométrico de Lang es útil para clasificar el tipo de clima presente en una región (Tabla IV.5), utilizando solamente dos variables y mediante un cálculo sencillo. El índice de Lang se calcula mediante la expresión:

$$IL = P/T$$

donde:

P = precipitación media anual en mm

T = temperatura media anual en °C

Tabla IV.5. Tipo de Clima presente en una región según el índice de Lang.

IL	Zonas climáticas
$0 < I_L < 20$	Desiertos
$20 < I_L < 40$	Zona árida
$40 < I_L < 60$	Zona húmeda de estepa y sabana
$60 < I_L < 100$	Zona húmeda de bosques ralos
$100 < I_L < 160$	Zona húmeda de bosques densos
$I_L > 160$	Zona hiperhúmeda de prados y tundras

Índice de Martonne

El índice de Martonne también se utiliza para clasificar zonas climáticas (Tabla IV. 6), según la expresión:

$$I_M = \frac{P}{T + 10}$$

donde:

P = precipitación media anual en mm

T = temperatura media anual en °C (aumentada en 10 °C)

Tabla IV.6. Clasificación en zonas climáticas según el índice de Martonne.

I_M	Zonas climáticas
0<I _M <5	Desierto
5<I _M <10	Semidesierto
10<I _M <20	Estepas y países poco mediterráneos
20<I _M <30	Regiones del olivo y de los cereales
30<I _M <40	Regiones subhúmedas de prados y bosques
I _M > 40	Zonas húmedas a muy húmedas

Índice de Dantin Cereceda y Revenga

La clasificación climática de Dantín, Cereceda y Revenga (Tabla IV.7), se basa utilizando la expresión:

$$\text{IDR} = \frac{100T}{P}$$

Donde:

P = precipitación media anual en mm

T = temperatura media anual en °C

Tabla IV.7. Clasificación de zonas climáticas según Dantin, Cereceda y Revenga.

I_{DR}	Zonas climáticas
I _{DR} >4	Zonas áridas
4>I _{DR} >2	Zonas semiáridas
I _{DR} < 2	Zonas húmedas y subhúmedas

Criterio UNESCO-FAO

Se utilizó el criterio UNESCO-FAO para caracterizar las condiciones térmicas del clima donde se tomó la temperatura media del mes más frío y se establecieron los siguientes grupos climáticos: Clima templado cálido: donde la temperatura media del mes más frío se encuentra entre 10° C y 15° C. Clima templado medio: la temperatura media del mes más frío está comprendida entre 0° C y 10° C. Clima templado frío: la temperatura media del mes más frío se halla entre -5° C y 0° C.

IV.5 Caracterización de los Recursos Hídricos

IV.5.1 Recursos Hídricos Superficiales

El régimen de escurrimiento del Arroyo Feliciano es de tipo pluvial. En general, su cuenca de aportes presenta suelos con muy baja capacidad de infiltración, lo que unido a su geomorfología y al buen régimen de lluvias (que oscilan, aproximadamente, entre los 1300 y 800 mm anuales) originan períodos con altos volúmenes de escorrentía superficial, principalmente en otoño, seguidos de otros muy escasos, que se tornan nulos o casi nulos en épocas de estiaje prolongado.

IV.5.1.1 Información hidrométrica disponible

El Arroyo Feliciano dispone de una estación hidrométrica con registros diarios de niveles desde septiembre de 1975, en donde además se realizan aforos de caudales varias veces por año. Está ubicada en la intersección de dicho curso de agua con la Ruta Provincial n° 6, en el paraje denominado Paso Medina, a varios km de su desembocadura en el río Paraná, lo que permite evitar la influencia del remanso en situaciones de crecidas de este último (Figura IV.12.).



Figura IV.12. Estación Hidrométrica Paso Medina, Arroyo Feliciano.

En la Tabla IV.8 se detalla la información hidrométrica que fue recopilada por la Sub-Secretaría de Recursos Hídricos de la Nación.

Tabla IV.8 Datos hidrométricos recopilados.

Caudales Medios Diarios (m ³ /seg) A° Feliciano -P° Medina, serie 1976-2008												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Mín	0.2	0.17	0.32	0.46	0.46	0.094	0.13	0.04	0.09	0.27	0.31	0.09
Prom.	41.53	51.39	69.82	122.63	75.71	52.23	26.17	14.49	24.81	40.47	54.60	47.88
Máx	1934.4	1001.3	2179.9	2065.3	830.2	1978.9	511.9	135.5	875.1	512.4	651.9	665.8

El máximo de los caudales diarios registrados en el período es 2179.9 m³/seg, el mínimo 0.04 m³/seg, y el caudal diario promedio 51.7 m³/seg.

IV.5.1.1.1 Regimen Hídrico superficial, Estadística Descriptiva de caudales

La serie de caudales diarios es la más extensa de las registradas en los cursos interiores de la provincia y con pocas interrupciones en sus registros. Un resumen de los mismos se presenta en la Tabla IV.9.

Tabla IV.9. Síntesis de caudales diarios del A° Feliciano, en Paso Medina, serie 1975-2008.

Caudales Medios Diarios (m ³ /seg) A° Feliciano -P° Medina, serie 1976-2008												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Mín	0.2	0.17	0.32	0.46	0.46	0.094	0.13	0.04	0.09	0.27	0.31	0.09
Prom.	41.53	51.39	69.82	122.63	75.71	52.23	26.17	14.49	24.81	40.47	54.60	47.88
Máx	1934.4	1001.3	2179.9	2065.3	830.2	1978.9	511.9	135.5	875.1	512.4	651.9	665.8

El máximo de los caudales diarios registrados en el período es 2179.9 m³/seg, el mínimo 0.04 m³/seg. y el caudal diario promedio 51.7 m³/seg.

IV.5.1.2 Aplicación del Modelo ARHIUNER

(Modificado de San Miguel et al., 2009).

Para la simulación de la operación de embalses para riegos localizados en la Cuenca del Arroyo Feliciano se aplicó el modelo ARHIUNER. Este modelo posibilita relacionar la capacidad del embalse o represa con el área sembrada y la probabilidad de falla en la atención de los diversos usos del agua, a partir de series de caudal, evaporación y demandas de riego y ambiente. El modelo hidrológico de simulación fue implementado en Visual Fox-Pro para Windows. La estructura del sistema SIMHUNER se divide en tres grandes partes (San Miguel et al., 2005):

- **Administración de Proyectos:** permite administrar datos de distintos cursos de agua, de manera simple y eficiente.
- **Operaciones:** Permite calibrar el modelo (ajustar parámetros y verificar la validez de los mismos) y extender series de caudal.
- **Ayuda:** Permite acceder a descripciones de los diferentes temas con distintas opciones de navegación.

Generalmente en el diseño de represas para riego no se utilizan modelos de simulación que posibiliten el análisis del riesgo en la atención de la demanda. Esta carencia redundo en el uso de técnicas simplificadas que involucran mayores

márgenes de error con el consiguiente sobre o sub dimensionamiento de los embalses.

El modelo **ARHIUNER**, permite simular la operación de embalses en base a series de aporte observadas o calculadas y posibilita relacionar la capacidad de la represa con la demanda y la probabilidad de falla en la atención de la demanda de riego permitiendo la planificación de un uso sustentable de los recursos hídricos superficiales de la región.

Para la utilización correcta del modelo se necesitan series de aporte de caudal con longitud suficiente, que incluyan períodos secos y húmedos, para evitar que se cometan decisiones erróneas respecto a la determinación del volumen útil del embalse o de la superficie factible de sembrar con un riesgo preestablecido.

La utilización del modelo ARHIUNER en las represas existentes sobre los afluentes del Arroyo Feliciano como Santa María, Pileco, La Colorada, La Lucha, La Luchita, La Vascogada 1, La Vascogada 2, San Benito, Don Antonio, Decuyper, San José 1, y San José 2, permitirá analizar los riesgos hídricos asumidos en cada campaña en relación a los existentes en la etapa de diseño. En este punto, la determinación de la cota de represamiento y la capacidad de embalse necesaria para satisfacer las necesidades de agua del área a regar, se realizará en base a la estimación de la probabilidad de falla en la atención de la demanda. Para obtener la referida probabilidad, se utilizará una serie de caudales semanales observados o sintéticos. Para esta última situación, se ha desarrollado el software SIMHUNER (Zamanillo et al., 2007).

La simulación de las condiciones del embalse se hará mediante la aplicación de la ecuación fundamental de continuidad:

$$X - D = \Delta V$$

donde:

X: volumen de entrada en el intervalo Δt .

D: volumen de salida en Δt .

ΔV : cambio en el volumen almacenado en Δt .

Δt : Intervalo de tiempo de cálculo.

La entrada (X) al embalse se compone del aporte propio de la cuenca (Ecp) y de la lluvia directa sobre el embalse (Eii). La salida del embalse (D) está conformada por la demanda para riego y el caudal ecológico (Sd), la evaporación (Sc) y el volumen derramado por vertedero (Sde).

Por lo tanto, el cálculo del volumen en el período $t+1$ viene dado por la siguiente ecuación:

$$V_{t+1} = V_t + E_{cp} + E_{ii} - (S_d + S_c + S_{de})$$

donde:

V_{t+1} : volúmen retenido en el embalse al final del intervalo de tiempo.

V_t : volúmen retenido en el embalse al comienzo del intervalo de tiempo.

Esta ecuación se utilizará para toda la serie de caudales, iniciando la simulación con la capacidad máxima en el embalse V_{max} . Cuando en la simulación la ecuación de que V_{t+1} supera la capacidad máxima del embalse (V_{max}), entonces $V_{t+1} = V_{max}$ y el excedente se derrama por vertedero (Sde). Cuando en la ecuación V_{t+1} es menor al volumen mínimo (V_{min}), el embalse se vacía ($V_{t+1} = 0$) y la demanda no puede ser atendida, por lo que ocurre una falla en la atención de la demanda.

El concepto de falla se utiliza generalmente en el dimensionamiento de represas, con la salvedad que no siempre resulta claro para los usuarios de los mismos. Con frecuencia una falla se interpreta como la no-atención de la demanda durante un determinado período de tiempo. El cálculo de la probabilidad de falla (Pf) a partir de los resultados de la simulación puede realizarse con:

$$P_f = N_f / N_s$$

donde:

Nf: número de períodos de simulación en que el embalse quedó vacío sin satisfacer la demanda.

Ns: número total de períodos de simulación.

En los sistemas en que la finalidad principal del embalse es el suministro de agua para riego, la forma de cálculo de la probabilidad de falla indicada por la última ecuación puede conducir a la sub-estimación del riesgo. Por ello, en los sistemas de riego las fallas deben asociarse a los períodos de riego (Zamanillo et al., 2007).

Se considera la demanda necesaria para el riego de arroz y para la satisfacción del caudal ecológico aguas abajo. La necesidad de agua para el riego de arroz fue estimada en base a la experiencia arroceras en la Provincia de Entre Ríos. El caudal ecológico es el caudal mínimo que el embalse deberá erogarse aguas abajo para garantizar la biodiversidad y los usos domésticos y sanitarios del agua.

El sistema de simulación ARHIUNER se implementó en el lenguaje Visual FoxPro bajo plataforma Windows. Tiene como objetivos: administrar datos de distintos cursos de agua organizados en proyectos; determinar la demanda en base a distintos parámetros; calcular las probabilidades de falla para distintos tamaños de embalse y superficies de riego; presentar resultados en forma gráfica y tabular de manera que permitan el análisis de riesgo para las distintas condiciones planteadas.

El modelo permite variar la capacidad de embalse y la superficie bajo riego, de forma tal que se pueda realizar un análisis de riesgo. Esto se muestra en la pantalla de simulación (Figura IV.13), donde el usuario puede especificar el mínimo, la cantidad de intervalos y el paso (amplitud del intervalo), tanto para la capacidad del embalse como para la cantidad total de hectáreas a sembrar. El sistema calcula la probabilidad de falla para cada una de las combinaciones de las distintas capacidades de embalse y totales de hectáreas a sembrar, permitiendo la obtención de distintas curvas de probabilidades de falla y con ellas, los diagramas de análisis de riesgo.

Id. de Parámetros:

	V. Inicial	Cant. de Pasos	Paso	V. Final
Capacidad de Embalse en Hm3:	<input type="text" value="1.00"/>	<input type="text" value="10"/>	<input type="text" value="1.00"/>	10.00
	C. Inicial	Cant. de Pasos	Paso	C. Final
Cantidad de Hectáreas:	<input type="text" value="50"/>	<input type="text" value="18"/>	<input type="text" value="20"/>	344

☐ Utilizar datos de Precipitación ☐ Utilizar datos de Evapotranspiración

Período de Tiempo:

Fecha de inicio: Fecha de finalización:

Porcentaje de hectáreas a regar por mes:

01/10	31/10	30/11	31/12	31/01	28/02	31/03
0	<input type="text" value="20"/>	100	100	100	<input type="text" value="60"/>	0

Coefficientes:

X⁴ + X³ + X² + X +

Figura IV.13. Pantalla de simulación del comportamiento de un embalse.

El cultivo de arroz demanda una gran cantidad de agua, aproximadamente entre 10000 y 13000 m³/ha a lo largo de todo su ciclo, durante 90 a 100 días; es así que se necesita un caudal continuo de 1,16 a 1,5 litros/s/ha. Por esta razón, el riego tiene un impacto importante en el costo total de producción, lo cual representa alrededor del 25% de la implantación, si se utilizan perforaciones profundas, como fuentes de agua.

IV.5.1.3 Muestreo de aguas superficiales

Para la gestión del agua a escala de cuenca hidrográfica se investigó sobre el uso conjunto de aguas superficiales, en la Cuenca del Arroyo Feliciano.

Los materiales utilizados en la investigación al igual que las metodologías se describen a continuación.

Se efectuó un relevamiento hidrológico de las aguas superficiales de la cuenca, obteniéndose muestras para análisis fisicoquímico y bacteriológico. Con

los datos de los análisis realizados y la información antecedente recopilada de proyectos anteriores, se calcularon los índices de calidad necesarios para definir la aptitud del recurso para su uso como riego y bebida animal, utilizando para ello las normas de aptitud correspondientes.

Las muestras fueron tomadas en la intersección de las rutas y caminos con los cursos de agua pertenecientes a la cuenca. Se tomaron las coordenadas de cada estación con un GPS.

IV.5.2 Muestreo de aguas subterráneas

De forma similar al caso de las aguas superficiales se efectuó un relevamiento hidrológico de las aguas subterráneas de la Cuenca del Arroyo Feliciano, obteniéndose muestras para análisis fisicoquímico y bacteriológico, luego se realizaron los mismos análisis de laboratorio y determinaciones. Con la información antecedente y la generada en este trabajo, se caracterizaron de la misma manera el recurso subterráneo para riego y bebida animal y además se hicieron las determinaciones necesarias para clasificar a las aguas por su aptitud para consumo humano utilizando para ello las normas de aptitud correspondientes.

Las muestras fueron tomadas del área rural y en centros urbanos de la cuenca. En el primer caso se tomaron las muestras de molinos, pozos o estanques que están ubicados cerca y lejos del área habitada o de concentración animal. En el caso de centros urbanos, se optó por aquellos sitios en donde la calidad del agua es de un importante impacto sobre la población, prefiriendo las entidades encargadas de la distribución del agua para consumo humano, escuelas o directamente en los domicilios particulares.

Se tomaron los siguientes cuidados, necesarios en cuanto a recolección, conservación y transporte de las muestras destinadas al análisis fisicoquímico y bacteriológico:

Previo a la extracción de las muestras de aguas subterráneas, los pozos fueron bombeados por un tiempo con el propósito de eliminar el agua estancada.

Luego se enjuagó cada uno de los envases para después recolectar la muestra en el recipiente.

Cada muestra fue recolectada en envases de PVC de 1 litro de capacidad para análisis fisicoquímico y de 250 cc para el bacteriológico. En este caso se utilizaron recipientes estériles y guantes de látex para evitar contaminación. Una vez tomada la muestra se refrigeraron en una conservadora con hielo para enviarlas al laboratorio y luego se acondicionaron en heladera a 4-6 °C hasta su posterior análisis.

Conjuntamente con la extracción de las muestras de agua se determinó la ubicación geográfica del punto de muestreo mediante un GPS de precisión decamétrica y se tomaron los datos descriptos en las planillas confeccionadas para tal fin.

IV.5.3 Análisis en Laboratorio

IV.5.3.1 Análisis Físico-Químico

En el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNER, se realizaron las determinaciones físico-químicas correspondiente a las muestras de aguas superficiales y subterráneas.

El método analítico empleado fue el de “Técnicas Analíticas para las determinaciones Fisicoquímicas y Químicas en muestras de Suelo y Agua” (Asensio, 1976).

Se determinaron los siguientes parámetros indicadores de calidad:

- pH
- Conductividad Eléctrica (C.E.)
- Cationes: Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+
- Aniones: Cl^- , $\text{CO}_3^{=}$, CO_3H^- , NO_3^- , y P.

Determinación potenciométrica del pH: Se utilizó el Pehachímetro de precisión $\pm 0,1$ marca *HANNA Instruments*.

Determinación de conductividad eléctrica: Se empleó el conductivímetro (marca *HANNA Instruments*), el cual consiste en un puente de Wheatstone de corriente alterna de elevada frecuencia para evitar polarizaciones.

Determinación de Calcio y Magnesio por complejometría: se utilizaron 20 ml de una muestra de agua. Se agregaron 20 ml de solución buffer de $\text{CINH}_4 + \text{NH}_3$ y una pizca de ácido ascórbico. Se añadió indicador Negro de Eriocromo T. La titulación se realizó con solución EDTA (0,02 N), hasta coloración azul cielo permanente.

Determinación de Calcio por complejometría: a 20 ml de una muestra de agua se le añadió 10 ml de OHK (8 N) y una pizca de ácido ascórbico, para reducir el Fe^{+2} y Mn^{+2} . Se agregó indicador HHSNN (de Patton y Reeder). Se tituló con solución EDTA (0,02 N) hasta primera aparición de un color azul cielo permanente.

Determinación de Magnesio: esta determinación se hizo por diferencia de las dos anteriores.

Determinación de sodio y potasio: se realizó por fotometría de llama con un fotómetro marca *METROLAB 315*.

Determinación de Carbonatos y Bicarbonatos: Una alícuota de 5ml de muestra se colocó en una cápsula de porcelana para hacer más notorio el punto de viraje. Se agregaron tres gotas de fenolftaleína, si se mantenía incoloro, indicaba la ausencia de carbonatos, si se tornaba rosado; la solución se tituló con H_2SO_4 (0,025 N), descargando una gota cada 2 ó 3 segundos, hasta viraje del indicador.

A la misma solución resultante de la determinación de $\text{CO}_3^{=}$, para valorar los bicarbonatos se le añadieron tres gotas de anaranjado de metilo, y se valoró con H_2SO_4 (0,025 N) sin enrasar la bureta, hasta el primer cambio de color del anaranjado a rosa permanente.

Determinación de Cloruros: Se valoraron los cloruros presentes en el mismo líquido en que se hicieron las determinaciones de Bicarbonatos. Si se

hicieran en una porción de líquido original, interferirían los carbonatos, que en este caso ya están destruidos. Se agregarán 4-5 gotas de indicador CrO_4K_2 (5%). Se tituló la solución con NO_3Ag (0,02 N), hasta que una gota formó color ladrillo.

Determinación de Nitratos: Se determinaron los nitratos por colorimetría. Coloración amarilla del ácido nitrofenoldisulfónico (Jackson, 1970). Se utilizó un espectrofotómetro Metrolab 1500 Uv. Vis. leyendo a una longitud de onda de 420 nm de absorbancia.

Determinación de Fósforo: para la cuantificación del fósforo en las muestras de agua se utilizó el método de desarrollo de color de Murphy-Riley (1962). Se empleó el espectrofotómetro citado anteriormente, leyendo a una longitud de onda de 882 nm de absorbancia.

IV.5.3.2 Análisis Bacteriológico

(Modificado de Chajud y Rothman, 2009)

Para la discusión de los aspectos ligados a la calidad del agua, los reservorios deben ser tratados como un ecosistema compuesto por subsistemas que se integran entre sí, entre los cuales podemos distinguir cuencas hidrográficas que incluyen elementos naturales como el clima, precipitaciones, vegetación y actividades humanas, que determinan el carácter de las aguas que fluyen al reservorio, su distribución temporal y sus efectos sobre ésta.

Las características cuantitativas y cualitativas de los afluentes son determinantes en la calidad del agua del reservorio cuya dinámica dependerá de los subsistemas físicos, químicos y biológicos. Dentro de estos subsistemas podemos mencionar algunos de los factores que la afectan: bajos niveles de oxígeno disuelto, altos niveles de N y P, descomposición de materia orgánica (nitrificación y aumento de amonio, presencia de metales pesados, agrotóxicos e inclusive, contaminación fecal (Straskraba y Tundisi, 2000).

Selección del Método de Análisis

La necesidad de acortar los tiempos en determinaciones microbiológicas, ha sido motivo de interés en la búsqueda de métodos alternativos que aumenten la eficiencia y productividad de los laboratorios de análisis (Andrews et al., 1987; Ginn et al., 1984, 1986; Hartman, 1988; Poelma et al., 1987).

Un método alternativo es aquel que demuestra o estima el mismo analito tal cual se mide usando el método de referencia correspondiente para una categoría. En este contexto analito es el componente medido por el método; es decir, un microorganismo usualmente patógeno, o un recuento o numeración de algún grupo microbiano, taxonómico o no. En nuestros días, hay en el mercado kits de métodos alternativos para detectar bacterias y sus toxinas, parásitos, virus, priones, micotoxinas, biotoxinas, alérgenos, numerosas sustancias químicas, metales pesados, antibióticos y la especie animal (Michanie, 2005).

Los métodos de referencia son aquellos que son reconocidos y ampliamente aceptados internacionalmente. Algunos ejemplos de estos métodos son los publicados en:

- Standard Methods for the Examination of Dairy Products (métodos oficiales en los EE.UU) publicados por American Public Health Association (APHA).
- Environmental Protection Agency (EPA) de los EE.UU.
- Food Safety Inspection Service, Departamento de Agricultura de los EE.UU.
- Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods (APHA).
- International Commission of Microbiological Specification of Foods (ICMSF).
- Association of Official Analytical Chemist International –AOAC– sus Métodos Oficiales de Análisis.

- Bacteriological Analytical Manual de la Food & Drug Administration de los EE.UU. -no oficiales- publicados por AOAC.
- American Association of Cereal Chemists (AACC).

Obviamente, también son métodos de referencia los publicados por la Organización Internacional de Normalización (ISO), como también los métodos de la Federación Internacional de Lechería (FIL). En los últimos años ISO y la Comisión Europea de Normalización realizaron estudios Interlaboratorios de los métodos tradicionales, que detectan los principales microorganismos patógenos y así, las actuales normas para patógenos y recuentos presentan datos de precisión.

La lista no es exhaustiva y seguramente existe alguna otra asociación que propone sus métodos (Michanie, 2005).

Dentro de los atributos que poseen los métodos alternativos se pueden citar: liberar lotes rápidamente, ahorro de costo financiero, espacio en depósitos y trabajo manual, racionalizar el recurso humano, usar equipos semi ó totalmente automáticos, facilitar la ejecución de los ensayos y eliminación de residuos biológicos, analizar cantidades importantes de muestras, aumentar la velocidad de los análisis y/o su respuesta, disponer de kits sensibles, precisos con buen límite de detección, ahorrar por miniaturización etc. (Michanie, 2005).

La mayoría de los kits pueden ser usados en laboratorios de baja complejidad, requieren personal con adiestramiento mínimo, son útiles para el monitoreo de la higiene en tiempo real, etc. (Michanie, 2005).

Para el recuento y numeración de microorganismos, varias firmas comerciales reemplazaron la placa de Pétri por membranas rehidratables. Petrifilm de 3M, Sanita Kun, Compact Dry, son algunos de los kits que ahorran la preparación del material y permiten, también, hacer ensayos en plantas con laboratorios de muy baja complejidad. Existen membranas rehidratables para recuentos de microorganismos indicadores y de patógenos. Para su uso siempre se deben respetar las indicaciones del fabricante y las posibles limitaciones del sistema. (Michanie, 2005).

IV.5.4 Usos de los Recursos Hídricos

IV. 5. 4.1 Normas de Aptitud del Agua para Riego

Los criterios utilizados para evaluar calidad del agua para riego están asociados con el peligro potencial para el sistema y tienen en cuenta tres parámetros básicos:

- Peligro de Salinización del suelo.
- Peligro de Sodificación de los suelos.
- Toxicidades específicas.

El contenido de sales se estima por medio de la *conductividad eléctrica (CE)*; cantidades elevadas originan disminución en la disponibilidad de agua en la zona radical con la consiguiente reducción de rendimientos debida a su relación directa con el incremento del potencial osmótico.

El incremento de salinidad es consecuencia del desbalance entre las sales aportadas por el agua de riego y las eliminadas por drenaje debido a la ausencia de lluvias o riegos adicionales de lavado de los suelos.

La concentración salina del agua, la permeabilidad del suelo a regar, la evapotranspiración potencial durante el ciclo de cultivo y la duración de los déficit hídricos, son factores a considerar para la clasificación del agua para riego.

Los estudios más importantes en el tema han sido desarrollados por el Laboratorio de Salinidad del USDA (EEUU) y se ha adoptado como parámetro la conductividad eléctrica (CE) del agua de riego, dado que existe una relación entre ésta y la salinidad del agua y por ende sobre los efectos osmóticos ya mencionados. Por otra parte, la determinación de la conductividad eléctrica es muy sencilla y el procedimiento ha tenido una aplicación y difusión generalizada. A partir de ello, el Laboratorio de Suelos de USDA ha generado la tabla de clasificación de aguas para riego (Tabla IV.8).

Tabla IV.8 Clasificación de las aguas para riego por salinidad.

Clases	Clasificación	Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Contenido Salino (gr/l)
C1	<i>Baja</i>	<i>Hasta 250</i>	<i>hasta 0,15</i>
C2	Moderada	250-750	0,15 – 0,50
C3	<i>Media</i>	<i>750-2250</i>	<i>0,50 – 1,15</i>
C4	Alta	2250-4000	1,15 – 2,50
C5	<i>Muy Alta</i>	<i>4000-6000</i>	<i>2,50 – 3,50</i>
C6	Excesiva	más de 6000	más de 3,50

Fuente: USSL-USDA. Salinity and Agriculture. 1996.

Esta clasificación ha sido desarrollada para condiciones de climas medios, con riegos permanentes y para cultivos cuya tolerancia a las sales sean medias. La realidad del riego complementario lleva, para las distintas condiciones de clima, pluviometría y cultivos, a que las condiciones deberán ser modificadas adaptándolas a cada caso en particular.

Para las condiciones del riego complementario en la Pampa Húmeda esta clasificación es muy estricta.

Asimismo, el Laboratorio de Salinidad de Suelos de USDA, ha tenido en cuenta las condiciones de suelos para cada uso de las clases señaladas:

Clase C1: Aguas de baja salinidad. Pueden usarse para la mayor parte de los cultivos, en casi todos los suelos. Con las prácticas de riego habituales, la salinidad de los suelos se mantiene a niveles muy bajos con excepción de suelos muy poco permeable, con los cuales se requerirá intercalar algún riego de lavado.

Clase C2: En suelos de buena permeabilidad pueden usarse con casi todos los cultivos, exceptuando aquellos extremadamente sensibles a la salinidad. Con suelos de baja permeabilidad conviene elegir cultivos de moderada tolerancia a la salinidad y se requieren riegos de lavado ocasionales.

Clase C3: Únicamente deben usarse en aquellos suelos cuya permeabilidad sea de moderada a buena y, aún en ellos, para evitar que las sales

se acumulen en cantidades peligrosas, se necesitan riegos de lavados aplicados con regularidad. Deben elegirse cultivos cuya tolerancia a las sales sea de moderada a buena.

Clase C4: Solamente deben usarse en suelos de buena permeabilidad, tales que en ellos los riegos de lavado aplicados con regularidad produzcan una lixiviación suficiente para impedir que las sales se acumulen en cantidades peligrosas. Deben elegirse cultivos con buena tolerancia a la salinidad.

Clase C5: Son inapropiados para riego. Se pueden utilizar en situaciones especiales en suelos muy permeables, con un manejo de los riegos técnicamente cuidadoso y con cultivos con alta tolerancia a la salinidad.

Clase C6: No deben usarse para riego. Los riegos de lavado son necesarios en la medida que las lluvias no sean suficientemente intensas o frecuentes, como para provocar la lixiviación de las sales acumuladas, transportándolas a mayor profundidad que la zona radicular.

Los efectos asociados a la excesiva cantidad de sodio intercambiable en el suelo son un deterioro de la estructura del suelo (sodicidad), de difícil y costosa reversibilidad cuando el proceso se encuentra en estado avanzado. La presencia de sodio intercambiable crea condiciones de inestabilidad de los agregados del suelo y del sistema poroso, el hinchamiento y la dispersión coloidal restringen la permeabilidad del suelo al agua y a los gases, y conduce consecuentemente a problemas de anegamiento, encostramiento, escurrimiento y pobre aireación (So y Aylmore, 1993).

El peligro de provocar un aumento en el contenido del sodio intercambiable en el suelo, a partir de los riegos depende de la relación de las concentraciones de sodio (Na^+) y las de calcio (Ca^{++}) y magnesio (Mg^{++}), y el valor de la concentración salina total, o su equivalente expresado en conductividad eléctrica (CE).

El peligro de sodificación es valorado mediante la relación de iones sodio respecto al calcio y magnesio (USSL Staff, 1954), conocido como **índice de relación de adsorción del sodio (RAS)** y enunciado por la ecuación de Gapón.

$$R.A.S. = \frac{Na^{+1}}{\sqrt{\frac{(Ca^{++} + Mg^{++})}{2}}} \quad \text{Donde: } Na^{+}, Ca^{++} \text{ y } Mg^{++} \text{ en [meq/l]}.$$

Si la proporción de sodio es alta, será mayor el peligro y, si por el contrario predominan el calcio y el magnesio, el peligro es menor. La raíz cuadrada del denominador da cuenta del denominado efecto dilución, según el cual, de dos aguas con una misma relación: $Na^{+1} / (Ca^{++} + Mg^{++})$, aquella cuya salinidad total sea mayor tenderá a aumentar en mayor medida el contenido de Na^{+1} intercambiable en el suelo, por lo que el índice RAS y por lo tanto, el peligro de sodificación es menor en el caso del agua con menor concentración en sodio. Por otra parte, en dos aguas con un mismo índice RAS, la sodificación se producirá más aceleradamente con el agua de mayor salinidad total. En el caso del agua más salina un volumen determinado de agua es capaz de intercambiar mayor cantidad de sodio.

Experiencias como la citada por Currie et al. (2001) en un estudio de calidad de agua de origen superficial para riego de arroz en Corrientes, adopta las directrices de Grist, quién considera como agua de buena calidad a aquella que presenta una RAS menor a 10 y una CE menor a 750 $\mu S/cm$, y de Urien que toma como valor máximo de carbonato + bicarbonato el valor de 650 $mg\ l^{-1}$.

La expresión original de la RAS no tiene en cuenta la precipitación de sales de calcio por la presencia de bicarbonatos, y de este modo puede introducirse error en la evaluación del peligro de sodificación. Cuando en el agua de riego se presentan altos valores de bicarbonato, en el suelo se produce el reemplazo del calcio y el magnesio adsorbidos a los coloides por el sodio, precipitando todo el calcio y el magnesio. El exceso de bicarbonatos interviene intensificando la sodificación por medio de la siguiente reacción:



Es decir, el carbonato de calcio se insolubiliza, el dióxido de carbono difunde al exterior, el agua es absorbida por las raíces, todos factores que facilitan la evolución de la reacción hacia la derecha, con reemplazo del calcio intercambiable por el sodio de la solución (Cerana, 1977). Ayers y Westcot (1976), introdujeron el concepto de RAS ajustado; si bien no se adaptan totalmente a las condiciones regionales son las que contemplan las influencias de la mayor variedad de parámetros, y en este cálculo se tiene en cuenta la concentración de CO_3^{-2} y HCO_3^{-1} (Tabla IV.9).

$$\text{RAS aj} = \text{RAS} * [1 + (8.4 - \text{pHc})]$$

Donde pHc es:

$$\text{pHc} = (\text{pK}'_2 - \text{pK}'_c) + \text{p}(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}) + \text{p}(\text{Alk})$$

$(\text{pK}'_2 - \text{pK}'_c)$ = se obtiene a partir de la suma de $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} + \text{Na}^+$

$\text{p}(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})$ = se obtiene a partir de la suma de $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$

$\text{p}(\text{Alk})$ = se obtiene a partir de la suma de $\text{CO}_3^{--} + \text{HCO}_3^-$.

Tabla IV.9. Clasificación de las aguas en función del RAS ajustado para el caso del riego en suelos donde predominan arcillas montmorillonitas y esmectitas.

RAS ajustado	Clasificación
<6	<i>No hay problema</i>
6 –9	Problema creciente
>9	<i>Problema grave</i>

Fuente: Ayers y Westcot, 1976.

Por otra parte, en la clasificación de las aguas para riego que presentan bicarbonatos el Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos (USSL Staff, 1954), propuso otro índice llamado **Carbonato de Sodio Residual (CSR)**, indicando que al superar los 2,50 meq l⁻¹ las aguas son consideradas de mala calidad.

$$\text{CSR} = (\text{CO}_3^{-2} + \text{CO}_3\text{H}^{-1}) - (\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2})$$

Expresado en miliequivalentes por litro (meq/l).

Esta relación se basa en que al consumirse el agua por evaporación, la solución del suelo se concentra y, al ser superadas las solubilidades de los carbonatos de Calcio y Magnesio, éstos precipitan, pudiéndolo hacer completamente. Los carbonatos y bicarbonatos que persisten en solución lo hacen en las formas sódicas y son los compuestos potencialmente perjudiciales. A partir de lo señalado, el Laboratorio de Suelos del USDA, de acuerdo al CSR clasifica las aguas (Tabla IV.10).

Tabla IV.10. Clasificación de las aguas en función del Carbonato de Sodio Residual.

CSR [meq/l]	Clasificación
< 1,25	<i>Aguas buenas para riego, se pueden usar con toda seguridad</i>
1,25 - 2,50	Dudosa, se pueden utilizar con buenas prácticas de manejo y enyesado de los suelos.
> 2,50	<i>No son buenas para riego.</i>

Esta clasificación ha sido considerada muy exigente por numerosos autores, ya que para condiciones particulares de cada caso, el cultivo y su estado de desarrollo influyen sobre la peligrosidad. A mayor producción de CO₂ por parte del cultivo, menor es el peligro.

Estas clasificaciones han sido realizadas para climas áridos y semiáridos, donde el agua de riego se constituye en el aporte fundamental para los cultivos, lo contrario de la zona de riego complementario, donde se produce un exceso de precipitaciones durante algún periodo del año que lava el perfil del suelo. Este hecho es importante resaltar ya que se requiere adecuar las directrices para cada sitio en particular.

En suelos neutros o alcalinos, moderadamente a bien drenados, para disminuir el peligro de sodificación por el CSR, se puede apelar a rotaciones de las superficies regadas y de los cultivos, combinado cultivos de verano exigentes

en el uso del agua con cultivos de invierno no irrigados, preferentemente los que ocupan la capa superficial con sus raíces.

El **Porcentaje de Sodio Soluble (P.S.S.)** es un indicador de peligro de sodificación de los suelos. Se define como la relación porcentual entre el sodio (mg/l) y el total de cationes (mg/l).

Se considera que aguas que presenten valores de PSS mayores a 60% (Tabla IV.11) pueden causar acumulaciones de sodio que destruirán las propiedades físicas del suelo.

Cuando se riega con aguas que presenten peligro de salinización o de sodificación, deberán efectuarse periódicos controles del suelo para establecer si se ha producido algún deterioro. Estos constan de determinaciones químicas sencillas como salinidad, pH y PSI, lo que permitirá manejar el riego eficientemente en el aspecto técnico de modo de atenuar el peligro del deterioro del suelo.

Tabla IV.11. Clasificación de las aguas en función del Porcentaje de Sodio Soluble.

PSS (%)	Clasificación
<20	<i>Excelente</i>
20 – 40	Buena
40 – 60	<i>Permisible</i>
60 – 80	Dudosa
>80	<i>Inapta</i>

Toxicidades Específicas

Algunos iones se acumulan en la solución del suelo en cantidades suficientes para causar reacciones tóxicas en la planta. Las más usuales son el Na^{+1} , Cl^{-1} , CO_3H^{-1} y SO_4^{-2} . Asimismo los cultivos que crecen en suelos que

presentan un desbalance de calcio y magnesio pueden exhibir síntomas de toxicidad.

Las sales de sulfato afectan los cultivos sensibles por la limitación de tomar Ca^{+2} e incrementan la absorción de Na^{+1} y K^{+1} , lo que resulta en un desbalance catiónico dentro de la planta (Tablas IV.12 y IV.13).

El ión bicarbonato en el suelo afecta la absorción y posterior metabolismo de los nutrientes. Altas concentraciones de potasio pueden causar una deficiencia de magnesio y clorosis férrica. Un desbalance de magnesio y potasio puede resultar tóxico, pero los efectos de ambos pueden reducirse por niveles elevados de Ca^{+2} .

Tabla IV.12. Clasificación en función de sus iones cloruros.

Clasificación	Cl^{-1} [meq/l]
<i>No hay problema</i>	< 4
Problema creciente	4 a 10
<i>Problema grave</i>	> 10

Tabla IV.13. Clasificación en función de sus iones sulfatos.

Clasificación	SO_4^{-2} [meq/l]
<i>Excelente</i>	< 4
Buena	4 a 7
<i>Permisible</i>	7 a 12
Dudosa	12 a 20
<i>Inapta</i>	> 20

Diagrama de Riverside (USDA)

El diagrama está basado en la conductividad eléctrica (CE) expresada en $\mu\text{S}/\text{cm}$ y el RAS. En él existen zonas delimitadas por líneas que responden a ecuaciones que relacionan estos índices (en una base logarítmica). Estas líneas se

trazan con pendiente negativa, para poder tener en cuenta el peligro del sodio (Figura IV.14).

Clases de calidad según el diagrama

Conductividad eléctrica

Agua de baja salinidad (C1): Puede usarse para la mayor parte de los cultivos y en casi cualquier tipo de suelo.

Agua de salinidad media (C2): Puede usarse siempre y cuando haya un grado moderado de lavado.

Agua altamente salina (C3): No puede usarse en suelos cuyo drenaje sea deficiente y sólo apta para especies vegetales muy tolerantes a las sales.

Agua muy altamente salina (C4): No es apropiada para riego bajo condiciones ordinarias.

RAS

Las aguas para riego se clasifican de acuerdo a la RAS que presenten. Se basa primordialmente en el efecto que tiene el sodio intercambiable sobre la condición física del suelo.

Agua baja en sodio (R1): Puede usarse para el riego en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable.

Agua media en sodio (R2): Estas aguas solo pueden usarse en suelos de textura gruesa (limos arenosos) o en suelos orgánicos de buena permeabilidad, o a menos que los suelos contengan yeso (ácido contrarresta la alcalinidad del sodio).

Agua alta en sodio (R3): Pueden producir niveles tóxicos de sodio intercambiable en la mayor parte de los suelos, por lo que serán necesarias prácticas especiales de manejo como ser buen drenaje, fácil lavado y adiciones de materia orgánica.

Agua muy alta en sodio (R4): Es inadecuada para riego.

Además del análisis de las propiedades químicas del suelo, no se debe descuidar el posible deterioro de las físicas ya que están íntimamente relacionadas. Por lo tanto deben incluirse determinaciones físicas y así obtener una visión completa del estado del suelo.

Las directrices para interpretar la calidad del agua para riego sobre la base de determinaciones de laboratorio según la FAO son: -textura del suelo, entre limo arenoso y limo arcilloso; -buen drenaje interno; -clima, entre árido y semiárido; y -precipitación anual.

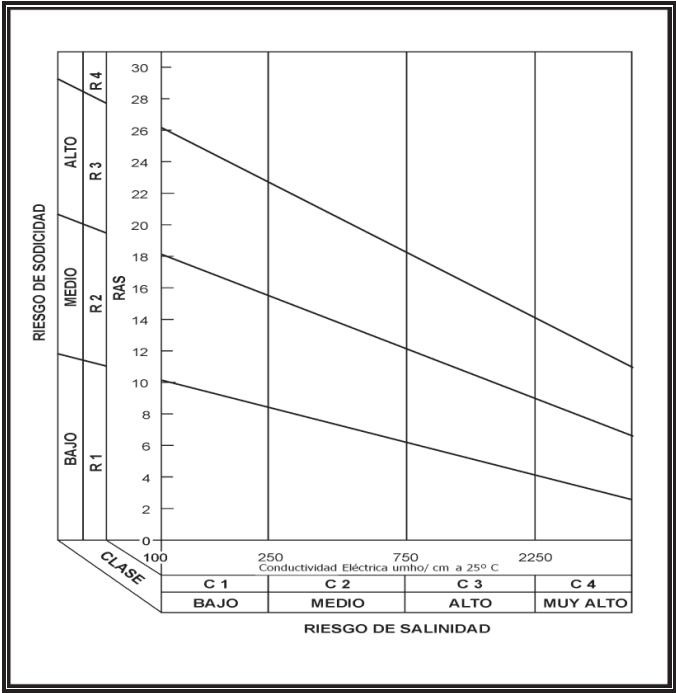


Figura IV.14. Diagrama de Riverside para clasificación de las aguas de riego.

USDA(1996).

IV. 5. 4.2 Normas de Aptitud del Agua para abrevado animal

La calidad del agua de bebida para los animales es tan importante como la cantidad. El agua que bebe el animal debe ser limpia, inodora, incolora e insípida. La ingesta de agua de baja calidad determina pérdida de estado en los animales, falta de apetito, trastornos digestivos, reducción en la producción

láctea, alteración en la reproducción y en los casos más extremos hasta la muerte. No obstante, en la práctica, es difícil determinar cuáles son las características que debe reunir el agua de bebida, ya que los animales suelen acostumbrarse con el paso del tiempo a determinada calidad de agua.

El agua per-se no es tóxica. Los efectos tóxicos o nutricionales de la misma son debidos al tipo de sales disueltas en el agua, a su concentración, forma iónica y comportamiento fisiológico (Cseh, 2003).

La forma de expresar la concentración de las sustancias químicas presentes en el agua es en mg/l, g/l, meq/l o ppm.

Cuando se realiza un análisis químico del agua para establecer su calidad, se deben tener en cuenta determinados componentes.

Sales totales (ST) y conductividad eléctrica (CE):

Es la suma de las concentraciones de todos los sólidos disueltos en el agua. En general, la salinidad del agua es el principal factor que determina si una fuente de agua es apropiada para el ganado.

La mayoría de las sales disueltas en el agua son compuestos inorgánicos, como sulfatos, cloruros, carbonatos, bicarbonatos de Ca, Mg, Na. Ocasionalmente, pueden estar presentes en exceso pudiendo causar efectos osmóticos dañinos, resultando en pobre performance, enfermedad o aún la muerte de los animales expuestos a ellos (Cseh, 2003). Dentro de las sales beneficiosas o neutras se encuentran el cloruro de sodio, los carbonatos y bicarbonatos de calcio, sodio, magnesio y dentro de las perjudiciales los sulfatos de calcio, de sodio y de magnesio, siendo este último el más perjudicial (Cseh, 2005). Los sulfatos son más perjudiciales que los cloruros y las sales inorgánicas más perjudiciales que las orgánicas (Cseh, 2003).

En general, los animales adultos son más resistentes al exceso de sal que los jóvenes, las razas de carne más que las de leche, el ganado ovino más tolerante que el bovino, y dentro de éstos las razas índicas son las de mayor resistencia (Cseh, 2003).

La variedad de sales que pueden estar presentes en el agua de pozo es muy amplia, pero muchas de ellas por su baja concentración o porque no se les conoce efectos adversos, no se tienen en cuenta para definir su calidad. Las más comunes son Sulfatos, Cloruros, Carbonatos y Bicarbonatos (Sager, 2000).

El conjunto de sales disueltas recibe el nombre de extracto seco. Para medir la concentración de estas sales se emplean dos procedimientos (Fuentes Yagüe, 1998):

Medición del contenido de sales: se evapora en una estufa una muestra de agua, se pesa el residuo sólido y se expresa el resultado en g/l, mg/l o ppm.

Medición de la conductividad eléctrica: La conductividad de una disolución es proporcional al contenido de sales disueltas e ionizadas contenidas en esa disolución. Por consiguiente, se puede conocer indirectamente el contenido salino de una disolución midiendo la cantidad de corriente que pasa a su través.

El contenido de sales totales (ST en g/litro) y la conductividad eléctrica (CE en $\mu\text{S}/\text{m}$) están relacionados mediante la siguiente ecuación (Fuentes Yagüe, 1998).

$$\text{ST} = 0,64 \text{ CE}$$

$$1\text{dS/m} = 1.000 \mu\text{S/cm}$$

En la evaluación de las aguas para consumo de rumiantes, en especial bovinos, a partir del contenido de sales, la Academia Nacional de Ciencias de los EEUU (National Academy of Science, 1972, 1974) estableció que las que presentan una conductividad eléctrica (CE) inferior a 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, son satisfactorias para el ganado (Tabla IV.14). Las aguas con CE cercana a este valor pueden ocasionar ligeros trastornos fisiológicos, mientras hay pocas probabilidades de que se produzcan trastornos más graves y pérdidas económicas. Los animales más jóvenes son los que menos toleran las aguas saladas.

Tabla IV.14. Clasificación del agua de bebida por su Conductividad Eléctrica.

Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Clase	Notas
< 1.500	Excelente	Apta para todas las clases de ganado.
1.500 – 5.000	Muy satisfactoria	Apta para todas las clases de ganado. Puede provocar diarrea temporal al ganado no acostumbrado.
5.000 – 8.000	Satisfactoria para el ganado.	Puede causar diarrea temporal o no ser aceptada por animales no acostumbrados a ellas.
8.000 – 11.000	De uso limitado para el ganado.	Apta con razonable seguridad para vacunos lecheros y carne, ovinos, porcinos y equinos. Evitar en animales preñados y en lactación.
11.000– 16.000	De uso muy limitado	Gran riesgo en vacas lactantes o preñadas, ovinos y equinos. Evitar su uso, aunque los rumiantes, caballos y porcinos más viejos pueden subsistir bajo ciertas condiciones.
> 16.000	No recomendable	Riesgos muy grandes.

Fuente: National Academy of Sciences (1972). Tomado de Walker (2002).

Carbonatos y Bicarbonatos

No se conocen efectos negativos para la producción animal, pero su combinación con el Ca y Mg definen la dureza con los efectos ya citados (Sager, 2000).

pH

Define la alcalinidad o acidez del agua. Se sabe que las aguas ligeramente alcalinas con un pH entre 7-7.5 son las mejores para el ganado. Bajos pH resultan en acidosis y pérdidas en la producción láctea, pueden ser corrosivas y provocar liberación de metales por disolución del sistema de cañerías. A pH básicos (mayores de 9.0) pueden provocar incrustaciones en cañerías, y ser corrosivas

(Cseh, 2003). El rango de pH considerado normal para el ganado es de 6.5-8.5 (Bonel et al., 1981).

Sodio

Forma la sal más beneficiosa y más común del agua, el cloruro de sodio (NaCl), y a no ser que se encuentre en muy altas concentraciones no presenta efectos negativos sobre la salud del animal (Cseh, 2003; Sager, 2000). La concentración de NaCl presente en algunos ingredientes dietarios y en el agua reduce, y en algunos casos elimina, la necesidad de suplementar con sal las dietas para el ganado (Cseh, 2003).

Cloruros

Como sal, la forma más abundante es el NaCl, le da al agua un sabor salado y la define como "engordadoras" cuando se encuentran en niveles de aproximadamente 2 g/L, siempre y cuando los sulfatos no estén en exceso (Sager, 2000).

También se lo puede encontrar como cloruro de potasio, Ca y Mg. Las dos últimas sales le dan al agua sabor amargo y pueden provocar diarrea si están en exceso. Es poco frecuente encontrar concentraciones de Cloruro, por encima de 3 o 4 g/l (Cseh, 2003).

Calcio

Es el principal catión en el agua. Generalmente se encuentra como sales solubles: HCO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$, fluoruro (F^-) y fosfato (PO_4^{3+}) de Ca. Además de gusto, el cual depende de la sal específica presente, el Ca le otorga al agua características de dureza (Cseh, 2003).

Magnesio

El Mg le da al agua características de dureza y un típico sabor amargo, haciendo al agua poco palatable. Altas concentraciones de Mg provocan diarrea, porque forma con el $\text{SO}_4^{=}$ la sal de Epsom que tiene efectos laxopurgantes. Para ovejas adultas y secas, se aceptan valores de hasta 0,5 g/l. Para las vacas lecheras

los límites máximos son de 0,25 g/l, para los terneros destetados 0,4 g/l y para vacunos adultos 0,5 g/l (Cseh, 2003).

Potasio

El K se encuentra en muy pequeña cantidad a no ser que el agua fluya por sedimentos de nitrato de potasa (fertilizante de origen natural) en cuyo caso el agua es muy tóxica por el nitrato y el exceso de K (Sager, 2000).

Sulfatos

Es la sal que posee el efecto más adverso sobre la salud debido a las combinaciones posibles: con el Mg y el Na. El límite máximo de tolerancia para el ganado se considera de 1,5 g/l, si bien terneros y animales en confinamiento pueden presentar problemas con estas concentraciones. Valores de 1,5 a 2,5 g/l producen diarrea temporaria. Por encima de los mismos, es probable que se produzca un rechazo natural a beber el agua. Si el animal se ve obligado a consumirla, posiblemente se afecte su estado corporal, como consecuencia de una reducción en el consumo de alimentos y en la tasa de ganancia de peso, aunque finalmente puede haber acostumbamiento (Cseh, 2003).

Además de estos problemas de salinidad, está comprobado que con niveles relativamente bajos (aproximadamente 0,5 g/l de agua) se producen interferencias con la absorción de cobre (Cu) y tal vez también con el calcio (Ca), magnesio (Mg) y fósforo (P) (Sager, 2000). Cuando los sulfatos están en exceso a nivel ruminal, reducen la disponibilidad del cobre, originando una hipocuprosis secundaria o condicionada (Cseh, 2003).

Para animales adaptados, el valor máximo tolerable de sulfatos es de 4 g/l pero el sulfato de Na hasta 1 g/L favorece la digestión de celulosa y un mayor consumo de alimentos (Sager, 2000).

Nitratos y nitritos

Estos compuestos nitrogenados, indican la presencia de contaminación bacteriana o de fertilizantes nitrogenados en el agua. Los nitratos (NO_3^-) en el agua subterránea se hallan frecuentemente asociados a procesos de

intensificación de los sistemas agropecuarios. Los niveles máximos aceptados para aguas son para NO_3^- 100 mg/l y para nitritos (NO_2^-) 10 mg/l puesto que los NO_2^- son diez veces más tóxicos (Cseh, 2003, 2005). Según Sager, op. Cit., los niveles máximos de nitratos aceptados son de 200 mg/L.

El envenenamiento, debido a alto contenido de NO_3^- resulta de la reducción de los NO_3^- a NO_2^- por acción de los microorganismos ruminales.

Esta situación puede presentarse y/o agravarse si los animales consumen forrajes con altos niveles de NO_3^- (Cseh, 2003).

Relación Ca/Mg

Cuando se analiza el Calcio, Magnesio y la relación Ca/Mg, debe tenerse en cuenta que el parámetro más significativo para evaluar la calidad de las aguas para consumo de rumiantes, es la relación entre el calcio y el magnesio ya que deben tener un balance adecuado para no provocar disturbios nutricionales (Walker, 2002).

Tabla IV.15. Clasificación del agua de bebida por Sales y Minerales.

COMPONENTE	CALIDAD DE AGUA				
	Muy buena	Buena	Regular	Mala	Límites
Cloruros (mg/l)	<1000	<1000	1000-2000	>2000	
Sulfatos (mg/l)	<300	<600	600-2000	>2000	
Relación Ca/Mg	>2	>2	1-2	<2	
Nitratos (mg/l)	<100	<100	100-200	>200	
Nitritos (mg/l)	<10	<10	<10	>10	
Arsénico (mg/l)	<0.10	<0.10	<0.15	>0.15	
Carbonatos (mg/l)					Hasta 500
Bicarbonatos (mg/l)					Hasta 3.000
Cobre (mg/l)					Hasta 0.50
pH	6.5 – 8.5				

Fuente: Bonel et. al. (1981) Tomado de Walker (2002).

Otros Elementos

Una cierta cantidad de elementos presentes en el agua pueden ser tóxicos, cuando se encuentran en concentraciones elevadas. Ejemplo de esto lo constituyen el hierro, aluminio, berilio, boro, cromo, cobalto, cobre, yodo, manganeso, molibdeno o zinc (Cseh, 2003).

Estas sustancias e iones tóxicos pueden ser de origen natural, pero frecuentemente su origen se debe a las actividades del hombre. En forma natural las sustancias tóxicas se encuentran en concentraciones muy inferiores a los niveles considerados tóxicos. Los aumentos en la concentración de estos iones implican la existencia de una fuente contaminante externa, como las aguas residuales, desechos orgánicos, herbicidas y plaguicidas con sus residuos. Estas sustancias pueden ser directamente tóxicas para los animales, afectar el sabor del agua, o bien acumularse en el organismo del animal, hasta el punto de hacer que sus productos no sean aptos para el consumo humano (Walker, 2002).

La presencia de hierro (Fe), Manganeso (Mn), Plomo (Pb) y otros es muy poco frecuente a no ser que los pozos se encuentren en proximidad de yacimientos minerales de donde pueden recibir una seria contaminación. En estos casos más que en ningún otro, se requiere un buen análisis de agua por la posibilidad de consumo humano.

El Arsénico y el Flúor por sí mismos pueden definir la inaptitud del agua para ser consumida. Son elementos altamente tóxicos para animales y el hombre, por lo que independientemente de la composición salina del agua de bebida, altos niveles de uno u otro limitan su consumo (Sager, 2000).

Los análisis microbiológicos y de ciertos elementos como el Flúor y el Arsénico, son muy importantes cuando la fuente de agua que abastece a los animales es compartida con el hombre, lo cual en la zona rural son comunes en por lo menos una de las aguadas del establecimiento ganadero. Los problemas de contaminación microbiológica se agravan en las cercanías de urbanizaciones y aumentan en proporción inversa a la extensión de los predios ganaderos (Bavera, 2001).

Arsénico

Este es importante a considerar, ya que forma sales muy solubles en agua y que frecuentemente se debe a contaminación con pesticidas o desechos industriales. Puede estar presente en aguas subterráneas por contaminación natural.

Según distintas fuentes los niveles de tolerancia son de 0,05 mg/l para consumo humano y 0,2 mg/l para consumo animal (Sager, 2000). Aún cuando no hay antecedentes nacionales sobre intoxicación aguda, algunas manifestaciones crónicas asociadas a problemas de piel y de pezuñas podrían asociarse al consumo de agua con niveles superiores a 0,5 mg/l por períodos prolongados. El Arsénico se deposita en los testículos del toro y puede causar infertilidad (Cseh, 2005).

Flúor

Es un contaminante muy serio en algunas partes del país. Su presencia natural se relaciona con la presencia de un tipo de ceniza volcánica con altos niveles de este mineral. Tanto su deficiencia como su exceso producen trastornos óseos muy importantes en humanos y animales. Los niveles peligrosos oscilan alrededor de 1,5 mg/l de Flúor. La intoxicación se manifiesta por manchado de dientes y desgaste prematuro y desperejo de los dientes (Sager, 2000). En lugares donde se ha detectado niveles superiores a 2 mg/l de flúor, se observó una reducción en la vida útil de vacas de cría dado el desgaste y pérdida prematura de dientes. En las situaciones más graves, el efecto negativo también es observable en animales en engorde (Cseh, 2005).

En la Tabla IV.16. Se presentan los distintos niveles considerados tóxicos, de elementos inorgánicos en las aguas de bebida para el ganado.

Tabla IV.16. Elementos inorgánicos en el agua de bebida.

Elemento	Máximo (mg/l)
Aluminio (Al)	5.00
Arsénico (As)	0.20
Berilio (Be)	0.10
Boro (B)	5.00
Cadmio (Cd)	0.05
Cinc (Zn)	24.00
Cromo (Cr)	1.00
Cobalto (Co)	1.00
Cobre (Cu)	0.50
Flúor (F)	2.00
Hierro (Fe)	no necesita
Manganeso (Mg)	0.05
Mercurio (Hg)	0.01
Nitrato + Nitrito	100.00
Nitritos	10.00
Plomo (Pb)	0.10
Selenio (Se)	0.05
Vanadio (V)	0.10

Fuente: National Academy of Sciences. (1972). Tomado de Walker (2002).

IV. 5. 4.3 Normas de Aptitud del Agua para Consumo Humano

Cuando se habla de agua potable, significa que debe estar libre de microorganismos patógenos, de minerales y sustancias orgánicas que puedan producir efectos fisiológicos adversos. Debe ser estéticamente aceptable y, por lo tanto, debe estar exenta de turbidez, color, olor y sabor desagradable. Puede ser ingerida o utilizada en el procesamiento de alimentos en cualquier cantidad, sin temor por efectos adversos sobre la salud (Borchardt y Walton, 1971).

Según el Artículo 982 del Código Alimentario Argentino (C.A.A.) - (Res Conj. SPRyRS y SAGPyA N° 68/2007 y N° 196/2007) en vigencia desde el 7 de junio de 2007: “Con las denominaciones de *Agua potable de suministro público* y *Agua potable de uso domiciliario*, se entiende la que es apta para la alimentación y uso doméstico: no deberá contener sustancias o cuerpos extraños de origen biológico, orgánico, inorgánico o radiactivo en tenores tales que la hagan peligrosa para la salud. Deberá presentar sabor agradable y ser prácticamente incolora, inodora, límpida y transparente.

El agua potable de uso domiciliario es el agua proveniente de un suministro público, de un pozo o de otra fuente, ubicada en los reservorios o depósitos domiciliarios. Ambas deberán cumplir con las características físicas, químicas y microbiológicas que cita el mencionado artículo del CAA, algunas de las cuales se resumen a continuación.

Color

El color de las aguas naturales se debe a la presencia de sustancias orgánicas disueltas o coloidales, de origen vegetal y, a veces, sustancias minerales (sales de hierro, manganeso, etc.). Como el color se aprecia sobre agua filtrada, el dato analítico no corresponde a la coloración comunicada por cierta materia en suspensión.

El color de las aguas se determina por comparación con una escala de patrones preparada con una solución de cloruro de platino y cloruro de cobalto. El número que expresa el color de un agua es igual al número de miligramos de platino que contiene un litro patrón cuyo color es igual al del agua examinada.

Se acepta como mínimo 0,2 y como máximo 12 mg de platino por litro de agua.

Olor

Las aguas destinadas a la bebida no deben tener olor perceptible. El mismo está dado por diversas causas. Sin embargo los casos más frecuentes son:

- debido al desarrollo de microorganismos,

- a la descomposición de restos vegetales,
- olor debido a contaminación con líquidos cloacales industriales,
- olor debido a la formación de compuestos resultantes del tratamiento químico del agua.

pH

El pH óptimo de las aguas debe estar entre 6,5 y 8,5, es decir, entre neutra y ligeramente alcalina, el máximo aceptado es 9. Las aguas de pH menor de 6,5, son corrosivas, por el anhídrido carbónico, ácidos o sales ácidas que tienen en disolución. Para determinarlo se utilizan métodos colorimétricos o potenciométricos.

Amonio

Este ión tiene escasa acción tóxica por sí mismo, pero su existencia aún en bajas concentraciones, puede significar contenido aumentado de bacterias fecales, patógenos etc., en el agua. La formación del amonio se debe a la descomposición bacteriana de urea y proteínas, siendo la primera etapa inorgánica del proceso.

Nitritos

Estos representan la forma intermedia, metaestable y tóxica del nitrógeno inorgánico en el agua. Dada la secuencia de oxidación bacteriana: proteínas→amonio→nitritos→nitratos, los nitritos se convierten en importante indicador de contaminación, advirtiendo sobre una nitrificación incompleta. El valor máximo permitido de nitritos es de 0.10 mg/l o ppm.

Nitratos

La existencia de éstos en aguas superficiales no contaminadas y sin aporte de aguas industriales y comunales, se debe a la descomposición de materia orgánica (tanto vegetal como animal) y al aporte de agua de lluvia (0,4 y 8 ppm). El valor máximo permitido de nitratos es de 45 mg/l.

Cloruros

Todas las aguas contienen cloruros. Una gran cantidad puede ser índice de contaminación ya que las materias residuales de origen animal siempre tienen considerables cantidades de estas sales. Un agua con alto tenor de oxidabilidad, amoníaco, nitrato, nitrito, caracteriza una contaminación y por lo tanto los cloruros tienen ese origen. Pero si estas sustancias faltan ese alto tenor se debe a que el agua atraviesa terrenos ricos en cloruros. Los cloruros son inocuos de por sí, pero en cantidades altas dan sabor desagradable. El valor máximo aceptable: 350 mg/l.

Sólidos Disueltos Totales

Se denomina así al peso de las sustancias disueltas en 1 litro de agua, no volátiles a 105 °C. Se consideran disueltas aquellas que no son retenidas por filtración. Valor máximo aceptable: 1.500 mg/l.

Dureza

Se habla de aguas duras o blandas para determinar calidad de las mismas. Las primeras tienen alto tenor de sales de calcio y magnesio disueltas. Las blandas son pobres en estas sales.

El valor máximo aceptable de Dureza Total (CaCO_3) 400 mg/l.

Características microbiológicas

Según Art. 982 del C.A.A. mencionado con anterioridad, dentro de las características microbiológicas, los límites permisibles para aguas de consumo son:

- Bacterias coliformes: NMP igual o menor de 3 en 100 ml, a 37 °C-48 h (Caldo Mc Conkey o Lauril Sulfato).
- *Escherichia coli*: ausencia en 100 ml.
- *Pseudomonas aeruginosa*: ausencia en 100 ml.

En la evaluación de la potabilidad del agua ubicada en reservorios de almacenamiento domiciliario deberá incluirse entre los parámetros microbiológicos a controlar el recuento de bacterias mesófilas en agar (APC - 24

h a 37 °C): en el caso de que el recuento supere las 500 UFC/ml y se cumplan el resto de los parámetros indicados, sólo se deberá exigir la higienización del reservorio y un nuevo recuento.

En las aguas ubicadas en los reservorios domiciliarios no es obligatoria la presencia de cloro activo.

En la Tabla IV.17 se resumen las características físicas, químicas y microbiológicas que se deberán cumplir para que sea considerada agua potable. El código fija además, niveles máximos en ug/l para distintos contaminantes orgánicos.

Tabla IV.17. Características físicas, químicas y microbiológicas para agua potable según el Código Alimentario Argentino.

Características Fisicoquímicas (valores normales)	
Turbiedad	3 N T U
Color	5 escala Pt-Co
Olor	sin olores extraños
pH (rango aceptable)	6,5 - 8,5
Sustancias Inorgánicas	Máximo permitido (mg/l)
Dureza total (CaCO ₃)	400
Cloruro (Cl ⁻)	350
Nitrato (NO ₃ ⁻)	45
Sulfatos (SO ₄ ⁼)	400
Sólidos disueltos totales	1.500
Amoníaco (NH ₄ ⁺)	0,20
Antimonio	0,02
Aluminio residual (Al)	0,20
Arsénico (As)	0,01
Boro (B)	0,5

Bromato	0,01
Cadmio (Cd)	0,005
Cianuro (CN ⁻)	0,10
Cinc (Zn)	5,0
Cobre (Cu)	1,00
Cromo (Cr)	0,05
Fluoruro (F ⁻)	(*)
Hierro total (Fe)	0,30
Manganeso (Mn)	0,10
Mercurio (Hg)	0,001
Niquel (Ni)	0,02
Nitrito (NO ₂ ⁻)	0,10
Plata (Ag)	0,05
Plomo (Pb)	0,05
Selenio (Se)	0,01
Cloro activo residual	0,2
Características Microbiológicas	
Bacterias coliformes	igual o menor de 3 NMP/100 ml
Escherichia coli	ausencia en 100 ml.
Pseudomonas aeruginosa	ausencia en 100 ml.

(*) Variable según temperatura promedio de la zona y nivel de consumo diario.

IV. 5.4.4 Análisis Estadístico

Para evaluar la calidad de las aguas subterránea y superficial, se calcularon valores máximo, mínimo, promedio y desvío estándar de la media y se realizaron análisis de frecuencias de distribución acumulada y relativa utilizando

el programa estadístico INFOSTAT (2002) para las variables de mayor representatividad a la hora de clasificar la aptitud del agua para riego, consumo animal y humano. Finalmente, para definir la calidad del agua para riego, consumo animal y humano, todos los parámetros calculados fueron comparados con las correspondientes Normas de Aptitud.

IV. 5.5 Vulnerabilidad de los acuíferos – Método GOD

El método de GOD fue desarrollado por Foster et al (1987), y trata de ser simple y sistemático. Éste se considera el primer paso para la determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas con el fin de establecer prioridades y determina la vulnerabilidad intrínseca por lo que no toma en cuenta el tipo de contaminante.

El método establece la vulnerabilidad del acuífero, como una función de la inaccesibilidad de la zona saturada, desde el punto de vista hidráulico a la penetración de contaminantes y la capacidad de atenuación de los estratos encima de la zona saturada como resultado de su retención física y la reacción química con los contaminantes.

La metodología utiliza la clasificación de tres parámetros del sistema natural que son: a) Ocurrencia del agua subterránea (Groundwater occurrence), b) Substrato litológico (Overall aquifer class) y c) Distancia al agua subterránea (Depth), y la vulnerabilidad se calcula como el producto de dichos factores:

$$\text{VULNERABILIDAD} = G * O * D$$

Cada uno de los factores posee valores entre cero y uno, cuanto mayor es el valor, más desfavorable es la condición (Figura IV.13). Este método solo asigna un peso indirecto a las variables a través de sus valores.

Se debe destacar que el método solo toma en cuenta la posible atenuación antes de alcanzar la zona saturada, sin tomar en cuenta la dilución y dispersión en el acuífero.

Finalmente el Índice se calcula dentro de las capas del SIG, asignándole el rango y el peso a cada una. Como resultado se obtiene un valor numérico generado de la ecuación del índice GOD.

Se considera vulnerabilidad muy baja si el valor es menor a 0.1, baja si el valor está entre 0.1 y 0.3, moderada si está entre 0.3 y 0.5, alta si está entre 0.5 y 0.7 y extrema si es mayor a 0.7 (Figura IV.15).

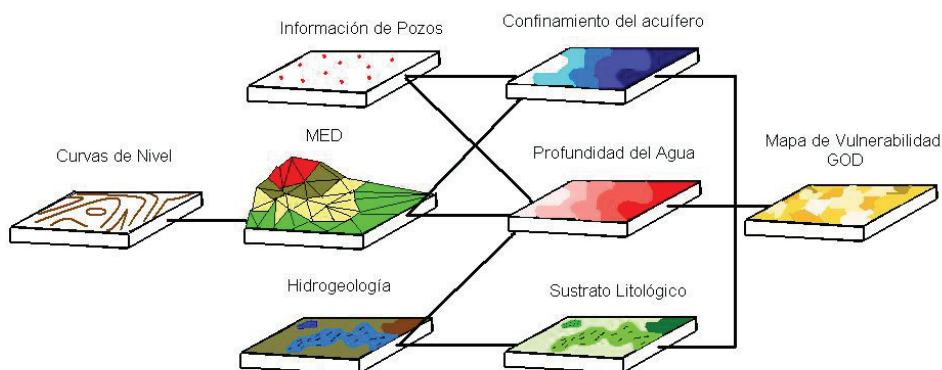


Figura IV.15. Determinación de los componentes del Método GOD.

Fuente:proceedings ESRI

V. 5.5.1 Vulnerabilidad de los acuíferos – Método DRASTIC

La vulnerabilidad de los acuíferos frente a la contaminación es una propiedad intrínseca del medio natural (suelo, clima y acuífero) que determina la sensibilidad a ser afectados negativamente por un contaminante externo (Foster, 1987). Es una propiedad relativa, no medible y adimensional y su evaluación se realiza admitiendo que es un proceso dinámico, pues depende de los impactos antrópicos (agricultura, industrias, efluentes, entre otros) y que puede modificarse en función de una adecuada gestión de los recursos hídricos a nivel de cuenca y del ordenamiento territorial.

Surge entonces que el concepto de la vulnerabilidad es intrínseco al medio natural y específico en lo que se refiere a los factores externos como el clima y las propiedades de los contaminantes.

El grado de vulnerabilidad puede expresarse mediante un índice. Uno de los índices más utilizados es el DRASTIC, que consideran las características físicas propias del marco natural hidrogeológico que afectan a la potencial contaminación del agua subterránea, e incluye la posibilidad de evaluar la vulnerabilidad a pesticidas (Montaño Xavier et al., 2004).

Si se establece como hipótesis de partida que el riesgo de los acuíferos frente a un determinado contaminante es equivalente a la vulnerabilidad de los mismos, estos índices se podrán utilizar para evaluar el riesgo. En este caso riesgo y vulnerabilidad están estrechamente relacionados.

Se ha planteado como objetivo estimar la vulnerabilidad a la contaminación por pesticidas de los acuíferos destinados a suministrar agua para consumo humano, abastecimiento para riego y abrevado de animales, en la cuenca del Arroyo Feliciano.

Como metodología, a los efectos de determinar la vulnerabilidad de un sistema acuífero, se han desarrollado numerosas técnicas, siendo aplicado el método que internacionalmente es considerado como estándar y busca establecer la capacidad de atenuación de contaminantes por eliminación, retardación y dilución, para cargas impuestas en la superficie, DRASTIC (Aller et al., 1987).

Pueden incluirse en los Sistemas de Información Geográfica los modelos de simulación, que posibilitan evaluar las alternativas de manejo de los recursos, logrando una visión objetiva de las ventajas y desventajas de cada una de ellas expresadas en valores económicos o en grados de degradación de los mismos.

Relevamiento de Suelos: La información disponible en las Cartas de Suelos, en formato papel, de los Departamentos La Paz, Feliciano, Federal y Federación, generada por el Plan Mapa de Suelos INTA-Gobierno de Entre Ríos, se digitalizó mediante escáner y se georreferenció, convirtiéndose luego a formato vectorial, para obtener los polígonos correspondientes a cada una de las unidades taxonómicas reconocidas, lo que permitió conocer su distribución y estimar la superficie que ocupan en la cuenca.

El **Método DRASTIC** fue desarrollado por Aller et al. (1987) para la EPA de los Estados Unidos para la evaluación de la contaminación potencial mediante el llamado “Índice DRASTIC”. El acrónimo DRASTIC proviene de las siglas en inglés de D profundidad (Depth to water table), R recarga (Recharge), A medio del acuífero (Aquifer media), S suelo (Soil media), T topografía (Topography), I zona vadosa (Impact vadose zone) y C conductividad hidráulica (Conductivity).

Estas son propiedades del acuífero que se ingresan dentro de un Sistema de Información Geográfica, en el cual cada una representa una capa. El método asume que el contaminante tiene la misma movilidad en el medio que el agua, que se introduce por la superficie del terreno y se incorpora al agua subterránea mediante la recarga (lluvia y/o retorno de riego). Luego se clasifica cada una según los pesos y tasas que nos indica el Índice DRASTIC. De esta manera se obtiene de cada una de estas propiedades dos capas, que serán combinadas según la ecuación:

$$\text{DRASTIC} = D_r D_w + R_r R_w + A_r A_w + S_r S_w + T_r T_w + I_r I_w + C_r C_w$$

Los subíndices r representan rangos y los subíndices w representan pesos, por lo que D_r y D_w son dos variables dentro del SIG obtenidas a partir de la capa de la profundidad de agua del acuífero (D), correspondiendo dos variables para cada propiedad del acuífero. Son en total siete capas que se forman dentro del SIG donde cada una representa una clasificación de las propiedades anteriormente mencionadas.

A partir de las tablas que especifican los rangos y los pesos para cada capa del SIG se determina la combinación de los mismos. Finalmente el Índice se calcula dentro de las capas del SIG, asignándole el rango y el peso a cada una. Como resultado se obtiene un valor numérico generado de la ecuación del índice DRASTIC. A los efectos de la evaluación, se considera vulnerabilidad muy baja si el valor está entre 26 y 73, baja si el valor se halla entre 74 y 120, moderada entre 121 y 167, alta entre 168 y 214 y muy alta si está entre 215 y 260 (Figura IV.16).

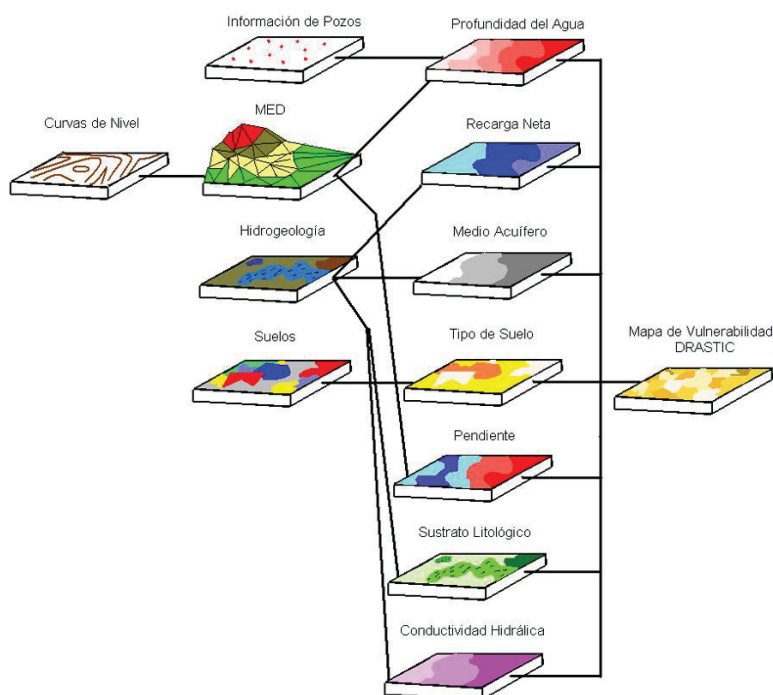


Figura V.16. Determinación de los componentes del Método DRASTIC.

Fuente: Proceedings ESRI.

IV.6 Caracterización del Recurso Suelo

En la Tabla IV.18 se presenta una síntesis de los suelos reconocidos en la cuenca del Feliciano, según la clasificación del Soil Taxonomy. Es necesario observar que la mayor parte de la información disponible sobre suelos de la Cuenca del Feliciano proviene del relevamiento de suelos realizado por el Plan Mapa de Suelos INTA-Gobierno de Entre Ríos, en el cual los suelos fueron clasificados de acuerdo a Soil Taxonomy (1975) y sus posteriores modificaciones hasta el año 1998 y para el caso específico del reconocimiento de los Vertisoles se usó una clave local creada por el Plan Mapa de Suelos en el año 1974.

Esto fue debido a las particulares características de los Vertisoles de Entre Ríos que hacía sumamente difícil clasificarlos dentro de las taxas existentes. Es por todos los antecedentes citados precedentemente, que en este capítulo se continúa utilizando las taxas establecidas en el relevamiento de suelos realizado

por el Plan Mapa de Suelos INTA-Gobierno de Entre Ríos. Cabe aclarar que en la edición actualizada de Key to Soil Taxonomy del año 2003, hubo modificaciones en las taxas, especialmente para el orden Vertisol que condujeron a que los Peludertes quedaran en el Gran grupo Hapludertes y Subgrupos ácuicos y típicos. También se modificó la clave del Orden Alfisol por lo que los Ocracualfes corresponden a la nueva taxa de los Epiacualfes.

Tabla IV.18. Clasificación taxonómica de los suelos de la cuenca del Feliciano, Provincia de Entre Ríos.

ORDEN	SUBORDEN	GRAN GRUPO	SUBGRUPO
Vertisol	Uderte	Peluderte	Peluderte argiudólico
			Peluderte argiacuólico
			Peluderte árgico
			Peluderte mólico
Alfisol	Acualfe	Ocracualfe	Ocracualfe vértico
			Ocracualfe mólico
			Ocracualfe típico
		Natracualfe	Natracualfe típico
Molisol	Udol	Argiudol	Argiudol vértico
			Argiudol ácuico
		Argiacuol	Argiacuol vértico
Entisol	Fluvente	Udifluvente	Udifluvente ácuico
Inceptisol	Acuepte	Haplaquepte	Haplaquepte típico

IV.6.1 Usos del Recurso Suelo

Modificado de INTA, 1984.

Vertisoles:

La aptitud de los Vertisoles para los distintos “sistemas de utilización” (agrícola, mixto agrícola-ganadero, y ganadería) está favorecida por la presencia del horizonte A1, por lo general profundo, con nivel de fertilidad relativamente bueno, un alto porcentaje de materia orgánica y características físicas no tan adversas (subsuelo, drenaje y erosión).

Los Vertisoles del centro de la cuenca son moderadamente bien drenados, y con susceptibilidad moderada a la erosión. Son los más aptos para el uso con cultivos de cosecha, de los que se puede esperar buenos rendimientos. Los cultivos más apropiados son lino, sorgo y maíz.

El peligro a la erosión requiere rotaciones adecuadas, con verdeos anuales y pasturas perennes consorciadas. Las praderas requieren un manejo y pastoreo cuidadoso, con prácticas que eviten el pisoteo y sobrepastoreo, especialmente los días lluviosos. En estos casos es conveniente el uso de piquetes con pasturas naturales y monte.

Los Vertisoles del noroeste de la cuenca, poseen susceptibilidad ligera a la erosión, pero en condiciones de drenaje impedido. Esto los hace poco aptos para el uso de cultivos, salvo el sorgo. Otro caso es el arroz, ya que la permeabilidad muy lenta de los horizontes, los declives muy suaves y la presencia de acuíferos de gran volumen y calidad, reúne condiciones apropiadas para este cultivo.

También son aptos para el uso de pasturas naturales, con especies de alto valor, cuando se las maneja adecuadamente, con fertilización siembra de especies valiosas.

Con respecto a la labranza de los suelos Vertisoles, es dificultosa, ya que por su alto contenido en arcilla, en seco resultan muy duros y cuando están mojados muy plásticos y adhesivos. Por lo tanto se cuenta con un breve período

(humedad óptima) para el trabajo de los mismos, dificultando aún más las labores.

Molisoles:

Los Molisoles vérticos tienen susceptibilidad a la erosión moderada, a excepción de los Argiacuoles vérticos del noreste de la cuenca.

El uso y manejo está limitado por la erosión, por lo tanto la aptitud de estos suelos para el uso agrícola ganadero es restringida. También es reducida su capacidad productiva, comparada con la de los molisoles del suroeste de la provincia.

Es conveniente rotaciones basadas en pasturas anuales (avena y sorgo) y perennes, y el uso reducido de cultivos de cosecha, en particular de los que protegen poco el suelo como la soja.

La falta de piso de estos suelos, exige un pastoreo muy moderado (rotativo y diferido) y encierre de animales durante los períodos lluviosos.

Para el uso agrícola requieren de prácticas de conservación, como terrazas, desagües vegetados, cultivos en franjas y en curvas de nivel, etc., en conjunto con prácticas agronómicas como rotaciones adecuadas, siembra entre líneas, y labranza mínima.

Alfisoles:

Los Alfisoles de las áreas planas, tienen una aptitud muy restringida para la mayoría de los sistemas de utilización o no la tienen. El exceso de agua superficial periódica, su deficiencia en verano, y las características físico químicas adversas, reducen su aptitud y su capacidad productiva.

Son suelos más aptos para el uso ganadero, basado en pasturas anuales (avena, sorgo, moha) y perennes, Uno de los principales problemas es la degradación de las praderas.

El manejo de los Alfisoles debe estar dirigido hacia el mejoramiento del horizonte superficial, amentando el contenido de materia orgánica y de su

capacidad de infiltración, a través de una mayor estructuración. Debe incluir prácticas que eviten el sobrepastoreo y reduzcan el pisoteo.

En cultivos los rendimientos son generalmente bajos. Solo con lino y trigo es posible obtener en años excepcionales, rendimientos aceptables.

Las zonas planas no tienen energía erosiva, pero en áreas con pendientes de más del 1% estos suelos son muy susceptibles a ella, debido a la débil estabilidad estructural, el reducido espesor del horizonte superior y la permeabilidad baja. En lugares donde se practica pastoreo inadecuado, o el desmonte, se ha observado la formación de cárcavas profundas en pocos años, inutilizando las tierras para el uso agrario.

El bosque natural evita la erosión de estos suelos; por lo tanto, si se sigue desmontando el problema se agravará aún más. El control adecuado de la erosión es difícil, por lo que su uso debe reducirse a unas pocas posibilidades, que son rotaciones en base a pasturas anuales y perennes, con cultivos de cosecha como trigo, lino y sorgo; pero no maíz ni soja.

Inceptisol:

La aptitud de las tierras de los valles fluviales está limitada principalmente por las inundaciones, las cuales pueden durar un tiempo prolongado. Prácticamente sólo existen posibilidades para el cultivo de arroz (especialmente en los esteros), y para la forestación con sauces y álamos. Esto requiere de prácticas especiales para proteger las plantaciones de las grandes y prolongadas inundaciones.

IV.6.2 Cuantificación de la erosión de suelos

Ecuación Universal de Pérdida de Suelo

(Modificado de Duarte et al., 2009)

La topografía ondulada de la Provincia de Entre Ríos así como la baja capacidad de infiltración de sus suelos y las precipitaciones intensas en primavera-verano-otoño predisponen a gran parte de la superficie provincial a

procesos de degradación de suelos, especialmente por erosión hídrica (Scotta, 1993).

Variados modelos empíricos y conceptuales han sido utilizados para evaluar la erosión de los suelos. Entre los modelos de erosión hídrica más comúnmente utilizados se incluyen la Ecuación Universal de las Pérdidas de Suelos, conocida como USLE (Wischmeier y Smith, 1978), MUSLE y RUSLE (Williams y Berndt, 1977). Se trabajó teniendo como objetivo la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, implementada en ambiente ArcView, para la Cuenca del Arroyo Feliciano de 8204 km².

La USLE es modelo cuantitativo empírico que predice la cantidad anual de pérdida de suelo en circunstancias específicas de textura del suelo, prácticas agrícola y ordenamiento de la tierra y los cultivos y solo en lo que respecta a la erosión superficial y en cárcavas. La ecuación utilizada (Wischmeier y Smith, 1978) es:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

Donde **A**: la media anual de las pérdidas de suelo (t/ha/año), **R**: factor de la erosividad de las precipitaciones (MJ/ha/mm/año), **K**: factor de la erodabilidad del suelo (t/MJ/mm), **L**: factor de la longitud de la pendiente, **S**: factor del gradiente de la pendiente, **C**: factor del tipo de manejo de los cultivos, **P**: factor de las prácticas de conservación del suelo.

IV.7 Técnicas para la detección de cambios en los bosques nativos

Cuando el objetivo principal es seguir la evolución de una determinada cobertura vegetal, como los bosques nativos de la cuenca, se debe estudiar su contraste estacional en un determinado período (una o varias temporadas).

Las imágenes se adquieren a lo largo del ciclo vital de la planta, desde el inicio del crecimiento hasta su máximo vigor y posterior senescencia. Corresponden al mismo año vegetal, pero a distintas condiciones de iluminación, humedad y densidad vegetal (Lo et al., 1986; Schriever y Congalton, 1995).

Cuando se quiere determinar los cambios producidos entre dos fechas de referencia, de manera de evaluar la dinámica a largo plazo de un determinado fenómeno (deforestación, expansión agrícola, crecimiento urbano), las imágenes deben adquirirse con un cierto lapso temporal (varios años), pero en la misma estación, de manera de minimizar el efecto de factores externos al cambio (Singh, 1986; Mouat et al., 1993; Eastman et al., 1994). El seguimiento de estos procesos depende principalmente de su dinamismo.

IV.7.1 Análisis multitemporal de imágenes satelitales

Para el análisis multitemporal, se realizó un pre procesamiento de las imágenes satelitales para garantizar su comparabilidad, tanto radiométrica como geométrica.

El método de pre procesamiento de imágenes satelitales adoptado fue siguiendo el *“Protocolo para el preprocesamiento de imágenes satelitales Landsat, para aplicaciones de la Administración de Parques Nacionales”* (2005); con el objetivo de facilitar el estudio de los bosques nativos.

La resolución **temporal** (tiempo de revisita del satélite) es de 16 días.

La resolución **radiométrica**, es decir la sensibilidad del sensor para diferenciar niveles de intensidad de la señal de retorno, es de 8 bits de resolución para el sensor.

La resolución **espectral** es el número y ancho de las bandas en el espectro electromagnético al que es sensible el sensor.

La resolución **espacial** determina el tamaño del menor objeto que es posible distinguir con el sensor. En Landsat 7 las bandas del espectro visible y del infrarrojo mantienen la resolución espacial de 30 m del Landsat 5 (canales 1, 2, 3, 4, 5 y 7). Las bandas del infrarrojo térmico (canales 6L y 6H) pasan a ser adquiridas con resolución de 60 metros, contra 120 metros del Landsat 5. La banda Pancromática (canal 8) tiene 15 m de resolución espacial.

La selección de las imágenes

Las fechas de adquisición de las imágenes, ya descritas, fueron enero y febrero (2003 y 2006). Se optó por las mismas por ser las más nítidas de acuerdo al objetivo del trabajo y la metodología a emplear, por presentar bajo porcentaje de cobertura de nubes y otra razón tomada en cuenta en la selección fue la anomalía detectada en las imágenes de Landsat 7, a partir de 31 de mayo del 2003. Desde esa fecha algunas imágenes no han sido procesadas para su distribución y otros de los productos con el instrumento ETM+ están trabajando sin el Scan Line Corrector (SLC-off), es decir que faltan datos al alejarse del centro de la imagen.

Para el procesamiento de imágenes se utilizó el software ERDAS Imagine (8.4), por ello la metodología que se describe es según el formato de dicho software., además del Arc View 3.2.

Los pasos secuenciales del método de pre-procesamiento, pueden verse en el siguiente diagrama de flujo, que sirve de guía para el seguimiento en cada una de las etapas (Figura IV.17).

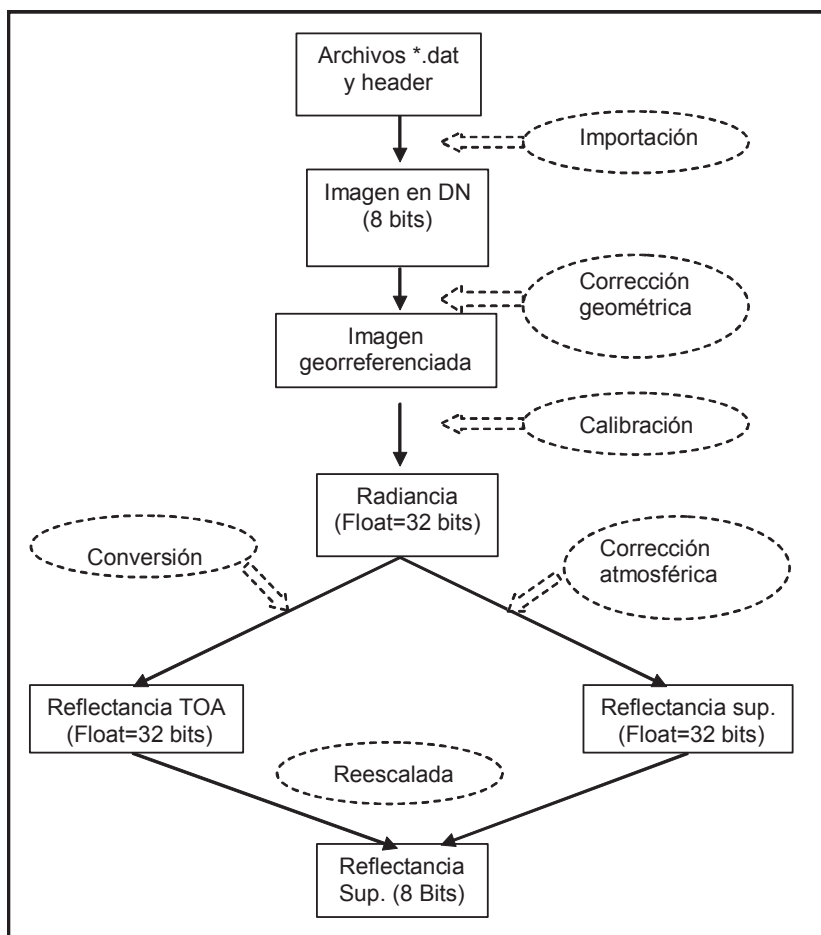


Figura IV.17. Pasos secuenciales del método de pre-procesamiento.

Fuente: Administración de Parques Nacionales” (2005).

Preparación de los datos

El primer paso consistió en leer el header de las imágenes disponibles y se procedió a cargar los datos en la planilla. Para ello, se abrió el archivo denominado **planillas_datos.xls**. La información que allí se ingresó fue utilizada en los posteriores pasos del pre-procesamiento. Además, la planilla está diseñada para disponer de ciertos cálculos que son necesarios para aplicar en ciertas etapas del mismo.

El header de las imágenes puede variar en su formato a través del tiempo, según la fecha de adquisición de la imagen, así como según el satélite. Por lo

cual, debe ponerse especial atención considerando que un error en algunos de estos datos implica errores en los procedimientos posteriores.

El segundo paso fue convertir los datos a un formato compatible con ERDAS. Se utilizó la aplicación Import del menú principal. Se importaron los datos eligiendo Generic Binary en (Type) y File en (Media). Se seleccionó el archivo en la ventana Input File y en Output File se colocó un nombre para el archivo resultante.

Como el formato de los datos es Band Sequential (BSQ), se debió introducir la cantidad de filas y columnas que tenía la imagen. Estos datos se obtuvieron del header: Rows, corresponde a líneas (líneas por imagen) y el Cols, es columnas (píxeles por línea).

Luego se seleccionó el número de bandas que en este estudio fue de seis por cada imagen importada para luego seleccionar la combinación más favorable al objetivo de este estudio. Se exceptuó la banda 6 que corresponde al térmico y la banda Pancromática (banda 8) del sensor ETM+ en el Landsat7.

Por utilizarse más de una banda se debió tildar la opción **Band in Multiple files** en la ventana **Import Generic Binary Data**. Esta opción habilitó la ventana de **BSQ Band files** en la que asignó cada banda del archivo *.dat a la banda correspondiente. La secuencia con que se ingresaron los archivos determinó el orden en que se guardaron las bandas en la imagen importada.

Una vez realizado el proceso se dispuso de la imagen propiamente dicha en un archivo.img sobre el que se realizó el pre procesamiento.

Con la opción **preview**, que muestra una vista rápida de la imagen, degradada antes de hacer correr la importación, se verificó que la imagen no estuviera deformada.

Pre procesamiento - Corrección Geo-radiométrica de los Datos

Como se sabe, más allá de restricciones como la resolución espacial, espectral, temporal y radiométrica y la complejidad de los elementos naturales,

hay que considerar que la energía captada por el sensor sufre una serie de **interacciones** con la atmósfera antes de llegar a este.

Consecuentemente, la radiancia registrada por el sensor no es una representación exacta de la radiancia efectivamente emitida por las coberturas. La energía captada por un sensor remoto pasa por una serie de interacciones que deben ser comprendidas para preprocesar los datos adecuadamente para posteriores análisis e interpretaciones.

Esto significa que la imagen adquirida en formato numérico presenta una serie de anomalías con respecto a la escena real detectada. Estas anomalías están en la localización de los píxeles y en los niveles digitales de los píxeles que componen la matriz de datos. Las operaciones de corrección pretenden minimizar estas alteraciones.

Estas se enmarcan dentro de las operaciones de pre procesamiento porque, en general, se llevan a cabo antes de realizar los procedimientos de extracción de información cuantitativa.

Como producto se obtiene una imagen corregida que es lo más próximo posible, geométrica y radiométricamente, a la verdadera energía radiante y características espaciales del área de estudio al momento de la colección de los datos.

Las correcciones, sobre todo la radiométrica, son procedimientos relativamente **simples**, pero que mejoran la calidad de los datos para consecuentemente mejorar la calidad de las clasificaciones y la detección de cambios.

Las imágenes que provee la CONAE tienen la mayoría de los errores sistemáticos ya removidos, pero los errores no-sistemáticos permanecen en la imagen, y como resultado no son planimétricas, es decir los valores de X e Y no se corresponden con los valores de coordenadas terrestres. Sin embargo, provee los valores de algunas variables para la aplicación de algoritmos de corrección.

Procedimientos para la corrección geométrica:

-*Corregistración imagen a mapa (rectificación)*: es el proceso mediante el cual la geometría de una imagen se convierte a planimétrica. La **rectificación** incluye la selección de puntos GCP (Ground Control Point) en la imagen de coordenadas de fila columna en el mapa. Un punto de control (GCP) es una ubicación en la superficie terrestre que puede identificarse en la imagen.

Se utilizaron los puntos de control obtenidos con un GPS en el campo.

Se inició luego la *Image Geometric Correction* desde el *Data Preparation* del menú principal. Se seleccionó la imagen a corregir geométricamente. Esto se hizo seleccionando en la ventana Set Geo Correction Input File la imagen en la vista (From viewer), que estaba abierta previamente. También se puede hacer desde el archivo (From Image File).

En la ventana Set Geometric Model se estableció el modelo de corrección para realizar una **interpolación espacial** por polinomios (Polynomial) y en la ventana Polynomial Model Properties se seleccionó el grado de la **ecuación de transformación**, que fue de primer grado. Activando **Projection**, se estableció la herramienta de referencia de los GCP. De ésta manera, se pusieron los parámetros de la corrección del mapa de referencia, utilizando como **Proyección**: Gauss Krugger, **Sistema de referencia** y **datum**: WGS 84 y los datos de longitud y latitud de Faja 5 correspondiente al área de estudio.

Registración (imagen a imagen)

Es el proceso de alineamiento (ajuste en rotación y translación) por el cual dos imágenes del mismo path y row y de geometría similar se ubican de modo tal que se superponga una con la otra, es decir, que un elemento de tierra en una imagen tenga la misma ubicación en la otra. Este tipo de corrección geométrica se realiza cuando no es necesario saber cuales son las coordenadas de mapa, pero se quiere utilizar los datos satelitales para monitoreo de los procesos que ocurren en los ecosistemas o detección de cambios en los mismos entre fechas (estudios

multitemporales). Los pasos del procedimiento son similares a los de la rectificación.

Se trabajó con la combinación de ambos procesos. Es decir, se co registraron imágenes a partir de una imagen corregida geométricamente previamente con una rectificación (de imagen a imagen) (Tabla IV.19).

Tabla IV.19. Corregistración de imágenes.

Corrección Geométrica		
Datos de entrada	Fuente de los datos	Dato de salida
Imagen en DN (8 bits)		Imagen georreferenciada
Sistema de referencia		
Puntos GCP	Otra imagen, y puntos GPS	

Al efectuar la registración se realizó una inspección visual de la imagen resultante en comparación con la de referencia. Se probaron dos alternativas visuales que nos informaron acerca de la calidad de la imagen producida.

Alternativa 1: Al terminar el proceso de remuestreo, desplegamos las dos imágenes en un mismo viewer (las dos imágenes en la misma proyección). Para hacer esto en la ventana de opciones de despliegue de imágenes seleccionamos “no limpiar el viewer” (así abrimos las dos imágenes juntas en el mismo viewer). También cambiamos la composición de bandas de una de las imágenes para analizar con más facilidad la exactitud posicional entre ambas. Para visualizarlas superpuestas utilizamos el comando Utility/swipe del viewer, con el cual se despliega la imagen de “arriba” como si fuera una cortina sobre la de “abajo”. Para analizar la relación de la posición de los píxeles entre las imágenes aumentamos el detalle en alguna zona sin dejar de identificar de qué objeto de la superficie se trataba.

Alternativa 2: Se evaluó la exactitud posicional de la imagen recién corregida con un conjunto de puntos de control independiente, tomados a campo con GPS. Para esto abrimos las dos imágenes en sendos viewers. Se procedió a

poner un viewer al lado del otro. Luego se abrió el archivo vectorial con los puntos de campo y se analizó en detalle la posición de los puntos en una y otra imagen. Para poder moverse mejor entre ambas ventanas y comparar los datos se utilizó el comando Link viewer geographically dentro del menú view del viewer.

Degradación de imagen float a 8 bits con reescalado de los datos de reflectancia:

Usualmente, las imágenes Landsat son utilizadas en un formato degradado a 8 bits (no en reales) permitiendo de esta manera acelerar la manipulación de las mismas.

Para degradar la imagen de entrada de 32 bits en reales a 8 bits, cada valor de reflectancia debe ser multiplicado por un escalar de forma tal que los valores que se obtengan estén distribuidos en un rango entre 0 y 255.

Sin embargo, debe considerarse que si el escalar elegido es tal que los valores resultantes de la multiplicación sean superiores a 255, entonces el histograma original será truncado con la consecuente pérdida de valores. El criterio para elegir un escalar entonces debe considerar que no se pierda información. Para lograr esto en primera instancia debe inspeccionarse el **rango de distribución** de datos de todas las bandas. Usualmente el rango de las infrarrojas suele ser el más amplio y el escalar se elige en base a estas bandas.

En este caso por tratarse de una serie de tiempo, es decir para un análisis multitemporal con más de una imagen, elegimos la imagen considerando la que posee el coeficiente apto para todas, ya que **todas** deben multiplicarse por el **mismo escalar**. Como se trabajó con imágenes de verano, el escalar se eligió en base a las bandas infrarrojas, con el rango de distribución más amplio (Tabla IV.20).

Tabla IV.20. Degradación de la imagen a 8 bits.

Degradación a 8 bits		
Datos de entrada	Fuente de los datos	Dato de salida
Imagen float de reflectancia (32 bits) (Sin unidades)		Imagen de reflectancia en 8 bits (Sin unidades)
Factor de reescalado	Imágenes	

La reflectancia tomó valores entre 0 y 255. Si se necesitara recuperar el valor real de reflectancia, lo que se debería hacer es dividir el valor de la imagen de salida por el factor de reflectancia, en este caso no fue necesario.

Método de corrección radiométrica

Una de las formas de realizar la corrección radiométrica es la corrección relativa entre fechas, que puede obtenerse a partir de regresiones entre áreas invariantes de baja o alta reflectividad. En este trabajo se llevó adelante el método de objeto oscuro de Chávez, el cual consistió en buscar objetos en las imágenes, que no hayan variado entre una y otra fecha, debido a cambios naturales y/o artificiales.

Con el software ERDAS Imagine, se seleccionó la imagen de la fecha 1. Esta imagen presentaba en el layer 1 la banda 3, en el layer 2 la banda 4 y en el layer 3 la banda 5 en RGB; y con la combinación 4-5-3 RGB, por lo tanto el layer 2 se asignó a Red, el layer 3 se asignó a Green y el layer 1 se asignó a Blue. Para hacer esto se seleccionó en la barra de menús de la ventana del Viewer, el menú Raster> Band Combinations y apareció la ventana donde se realizó la combinación propuesta.

Luego se superpuso la imagen fecha 2, para equiparar los valores digitales (ND) entre imágenes y se buscó un elemento que no haya variado en su reflectancia, como espejos de agua (represas).

En la barra de menús se seleccionó *Utility > Inquire Cursor*. Apareció sobre la imagen superpuesta, una cruz y una ventana con una tabla de valores, en

las distintas bandas, del píxel indicado por la cruz. En la banda Infrarrojo cercano (B4) se encontró un valor de 24 para la Imagen fecha 1. Luego, sin cambiar la posición de la cruz, en la ventana *Arrange Layer*, se cambió el orden de las imágenes en el Viewer arrastrando hacia arriba la imagen fecha 2.

El Cursor informó los valores del píxel ubicado en la posición determinada por la cruz para la nueva imagen superpuesta. Se encontró esta vez un valor de 11 en la banda del Infrarrojo cercano (B4), y así se procedió con las demás bandas.

Se repitió este proceso en varios lugares y se realizó una tabla con los valores de píxel hallados para cada imagen.

En una tercera columna se colocó la diferencia de valores píxel a píxel y de este modo se obtuvo un valor promedio para realizar la equiparación entre imágenes.

En el Menú Principal de **ERDAS Imagine**, se seleccionó **Modeler**. Esto abrió la ventana del menú **Spatial Modeler**, y se seleccionó **Model Maker**. En esta ventana se seleccionaron las herramientas necesarias para realizar la operación de corrección mediante un diagrama de flujo. Haciendo doble clic en las figuras del diseño se definió la banda de la imagen y el proceso a realizar, así como también el nombre de la imagen resultado. Se equiparó radiométricamente las bandas de interés. Se restó el valor obtenido a la banda 4 (y así para cada una de las demás bandas) (layer2) de la imagen **fecha 1**, selección de la banda a corregir. De esta forma se obtuvo, en un nuevo viewer, de las bandas 1, 2,... 4 de la imagen **fecha 1** corregida.

Una vez realizada la corrección radiométrica, se pasó a realizar los métodos de Detección de Cambio elegidos.

V.7.1.1 Algebra de Imágenes

Método 1: Cociente

Se realizó la comparación aritmética de bandas de las dos fechas, que se equipararon radiométricamente. Las zonas estables presentaron un valor de 1 si se trataba de un cociente, mientras las que experimentaron cambios ofrecieron valores significativamente distintos de 1, marcándose además la dirección del cambio (mayores o menores a 1).

Nuevamente en el Menú Principal de **ERDAS Imagine**, se seleccionó **Modeler** y en la ventana del menú **Spatial Modeler**, se seleccionó **Model Maker**.

En esta ventana se seleccionaron las herramientas necesarias para realizar el cociente entre bandas mediante un diagrama de flujo.

Haciendo doble clic en las figuras del diseño se pudo definir las bandas de las imágenes y el proceso a realizar, así como también el nombre de la imagen resultado.

Por ejemplo: Cociente entre b4 de **fecha 1** y b4 de **fecha 2**. Se realizó con esta banda porque es en la que mejor se detectan los cambios de las coberturas analizadas.

Método 2: Resta

Se compararon aritméticamente las bandas procedentes de las dos fechas, que se equipararon radiométricamente. Tratándose de una resta, las zonas estables presentaron un valor cercano a cero, mientras las que experimentaron cambios ofrecieron valores significativamente distintos de cero, marcando también la dirección del cambio (positivos o negativos).

Se repitieron los pasos anteriores cambiando solo la operación en la ventana **Function Definition** y en la imagen de salida se puso un nuevo nombre SIGNED 8-BIT en **Data Type**.

Selección de zona de cambio

Nuevamente en el Menú Principal de **ERDAS Imagine**, se seleccionó **Modeler** y en la ventana del menú Spatial Modeler, se seleccionó Model Maker.

En esta ventana se seleccionaron las herramientas necesarias, para realizar la selección de los pixeles de las zonas que cambiaron mediante un diagrama de flujo. Las áreas ocupadas con bosque nativo en el 2003, que cambiaron, y pasaron a ser, por ejemplo, agricultura en el 2006.

Haciendo doble clic en las figuras del diseño se definió la imagen (cociente o resta) y el criterio de filtro a aplicar, así como también el nombre de la imagen resultado.

En el mismo viewer, se cargó la imagen **resultado** de la selección. En la lengüeta **Raster Options** se seleccionó *Display as: Pseudo Color*.

Se seleccionó *View > Arrange Layer* para ordenar como se despliegan las imágenes. Desde *Raster > Attributes >* se abrió la ventana del Editor.

Para transparentar los valores de 0 se les dio valor 0 en la columna **Opacity**.

Para darle un color particular a las zonas de cambio se seleccionó en la columna **Color** del **Editor**.

Las zonas de cambio se identificaron por el resultado de los valores de los pixeles y la verificación a campo de esas áreas.

Clasificación Digital

Se realizaron clasificaciones digitales: No Supervisada (Figura IV.18) y Supervisada. Luego se procedió a la vectorización en pantalla de las áreas que presentaron patrones color homogéneos con el Módulo *Segmentation de ERDAS Imagine* y se verificó, nuevamente a campo, la correspondencia de los patrones obtenidos en la clasificación supervisada, con distintas clases de ocupación.

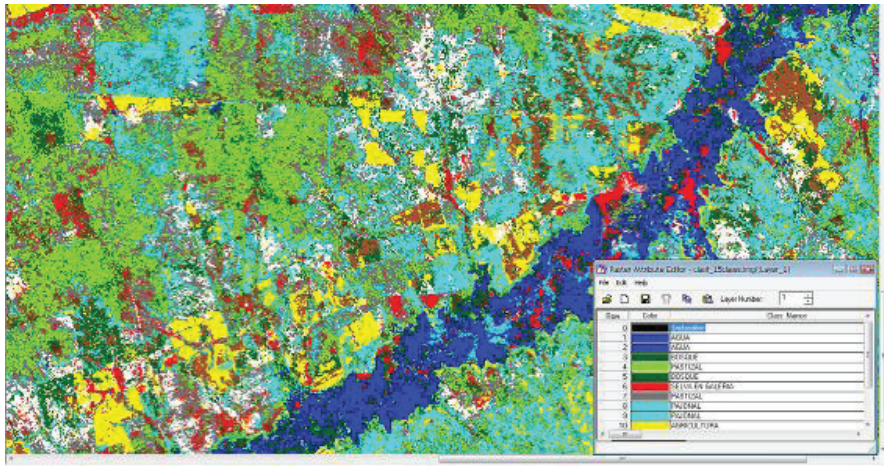


Figura V.18. Muestra parcial de una imagen con clasificacion No Supervisada, 2003. Fuente: elaboración propia.

Una vez clasificadas las imágenes se volvió a aplicar el Módulo Segmentation de ERDAS, para obtener definitivamente las capas vectoriales de bosques del año 2003. A continuación en Arc View, se procedió a determinar la superficie de los polígonos correspondientes al total de bosques nativos y sus distintas categorías pertenecientes a la Cuenca del Arroyo Feliciano.

Además, se anexaron capas vectoriales de Cultivos Extensivos y Tierras Agropecuarias del Primer Inventario de Bosques Nativos, (UMSEF 2003/2004/2006/2008) e información de base de otras clases de ocupación territorial como, forestación, plantas urbanas, represas, ríos, arroyos y sus tributarios.

En el año 2006, se repitió la misma metodología de trabajo, que en el 2003, tanto en gabinete como en el campo. Además de las nuevas imágenes se emplearon los mapas elaborados en el 2003, para así tener mayor seguridad en el relevamiento y, de este modo, verificar la permanencia o no de las distintas ocupaciones, especialmente de los bosques nativos.

En un Proyecto de ArcView, con esta nueva información obtenida, mediante la extensión “Change detection”, se pudo obtener una capa poligonal

del cambio detectado, que indica, en una tabla de contenidos y en una tabla de atributos, el tipo de cambio ocurrido (es decir, de qué categoría a qué otra pasó). Y así se procedió a realizar la actualización de la ocupación territorial del año 2006, obteniéndose nuevos mapas con sus correspondientes categorías.

Se decidió incluir esta información con la información espectral a través de un procedimiento de clasificación conocido como Dempster-Shafer. El clasificador Dempster-Shafer permite combinar de una manera formal la información espectral con la información derivada del conocimiento experto.

Se validó la clasificación por medio de los 50 puntos de verificación a campo y compararon los resultados con los de la clasificación de máxima verosimilitud y una clasificación de máxima verosimilitud filtrada por medio de un filtro modal.

Resumiendo lo que se hizo: con ERDAS Imagine Clasificación Digital, Álgebra de imágenes, Análisis multitemporal, donde se analizaron los cambios temporales producidos según la respuesta espectral de las cubiertas vegetales presentes; cociente y diferencia entre bandas. Además se realizó un Análisis Visual de las imágenes, para la vectorización en pantalla de los distintos patrones, utilizando el Arc View 3.2. delimitando los tipos de cobertura del suelo. Se obtuvieron capas vectoriales, las cuales se superpusieron a las imágenes y con este material se procedió a realizar el relevamiento a campo, para identificar las coberturas vegetales y clasificarlas según el FRA 2000-2005.

IV.7.1.2 Criterios utilizados para la Clasificación de bosques

Se utilizó el mapa de regiones forestales de Cabrera (1976) y el Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos, realizado por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la República Argentina (2002). Se consideraron las mismas categorías, en la estratificación de cobertura del suelo, de acuerdo a la clasificación propuesta por FAO en el documento FRA 2000, con adecuación a las características y particularidades locales.

Se empleó material del Plan Mapa de Suelos a nivel departamental, el cual incluye una descripción detallada de la vegetación del lugar. Las cartas de suelos que se utilizaron fueron de Feliciano (1986), La Paz (1990), Federal (1993).

En cada uno de los sitios se categorizó siguiendo la clasificación de FRA 2000 (FAO, 1998) en: “bosque natural abierto”, “bosque natural cerrado”, “bosque natural alterado”, “bosque natural no alterado”, “vegetación ribereña” y “palmar”, entre otras teniendo en cuenta la cobertura del suelo. Si bien se mantuvo esta denominación cabe aclarar que todos los bosques son naturales, aún las plantaciones forestales con especies exóticas. Sería preferible usar el término “bosques nativos”, para diferenciarlas.

IV.7.1.3 Clasificación de los bosques

Para la elaboración de los mapas temáticos 2003-2006 se consideraron las siguientes categorías, modificado de FRA 2000, (FAO, 1998), y FRA 2005.

Bosque natural: Formación compuesta por árboles autóctonos, no plantados por el hombre. En otras palabras, son bosques que excluyen las plantaciones. Los bosques naturales se clasifican, además, siguiendo los siguientes criterios:

- formación boscosa (o tipo): cerrada /abierta
- grado de intervención humana
- composición de las especies.

Bosque natural cerrado: Son las formaciones donde los árboles de distintas alturas y el sotobosque (arbustos) cubren gran parte del terreno (> 40%). Se trata de bosques primarios o en estado avanzado de reconstitución, que pueden haber sido cosechados una o varias veces, pero que han conservado sus características de rodales forestales, posiblemente con una estructura y composición modificadas (Figura IV.19).



Figura IV.19. Bosque Natural Cerrado.

Bosque natural abierto: Son formaciones con una distribución discontinua de árboles, pero con una cobertura de copa de al menos 10 por ciento y menos del 40 por ciento. Generalmente hay una cubierta continua de pasto, que permite el pastoreo y la propagación de incendios. Además, se diferencia del bosque alterado porque la altura, diámetro y edad de los árboles es más o menos uniforme, casi libre de arbustos (Figura IV.20).



Figura IV.20. Bosque Natural Abierto.

- **Vegetación ribereña**(Figura IV.21). Esta categoría se subdivide a su vez en:

- Selva en galería: con más de un estrato de árboles, lianas, epifitas y helechos.

- Bosque Mixto con presencia de especies hidrófilas y xerófilas.

- Bosque ribereño. Formación boscosa, de una o varias especies (timbozal, sauzal, alisal, etc.), con árboles hidrófilos de aproximadamente la misma altura. Son escasas o inexistentes las lianas, las epifitas y los helechos.



Figura IV.21. Vegetación Ribereña del arroyo Feliciano,

Bosque natural no alterado: Se trata de bosques u otras tierras boscosas donde se presenta una dinámica forestal natural como, por ejemplo, presencia de especies nativas, presencia de árboles muertos y procesos de regeneración natural, cuya superficie es lo suficientemente extensa como para mantener sus características prístinas y donde no se conoce intervención humana alguna o donde la última intervención humana significativa tuvo lugar en una época tan remota como para que ya se haya restablecido la composición de especies nativas o los procesos naturales.

Bosque natural alterado: Incluye a diversas formas de bosques secundarios formados después de la explotación de bosques primarios. Pueden presentarse árboles añosos conviviendo con ejemplares rebrotados luego de las talas y con plantas jóvenes. Los árboles pueden encontrarse también aislados dentro de pastizales nativos (Figura IV.22).



Figura IV.22. Bosque Natural Alterado.

IV.7.2 Relevamiento a Campo

El relevamiento a campo se realizó con el objeto de caracterizar los bosques nativos de la Cuenca del Arroyo Feliciano, en base a la mencionada clasificación del FRA 2000/2005 y determinar el estado en que se encuentran actualmente los bosques, desde el punto de vista fitosociológico.

Como se mencionó anteriormente, se relevaron, más de 297 sitios, tomando su posición con un GPS. Las fechas en que se hicieron los recorridos fueron: enero y febrero del 2003 y se volvieron a visitar en la misma época en el 2006, para corroborar si hubo o no cambios en las coberturas. Se realizaron tres recorridos respectivamente, en cada uno de los años.

En el Anexo, se detallan Ocupación, Datos de interés y Coordenadas Geográficas.

IV.7.2.1 Utilización de los Símbolos Fitosociológicos

Se utilizaron símbolos fitosociológicos, donde a cada especie se la caracterizó con dos dígitos separados por un punto. El primero indicaba la **Escala de abundancia-dominancia**, Tabla IV.21, y el segundo la **Escala sociabilidad**; Tabla IV.22 (Categorización tomada de La Carta de Suelos de la República Argentina).

Tabla IV.21. Escala de Abundancia-Dominancia.

+ Individuos muy raros o raros de cobertura despreciable
1 Individuos abundantes, pero de muy débil cobertura
2 Individuos en cantidad variable, pero que cubren hasta 25% de la superficie
3 Ídem, con cobertura del 25% a 50% de la superficie
4 Ídem, con cobertura que va del 50% a 75% de la superficie
5 Ídem, con cobertura mayor del 75% de la superficie

Tabla IV.22. Escala de Sociabilidad.

1 Individuos aislados
2 Individuos que tienden a vivir juntos a escaso número
3 Individuos que forman grupos
4 Individuos que forman poblaciones
5 Individuos que constituyen poblaciones densas, con gran número

Los valores descriptos, en cada Tabla, se determinaron por apreciación en el terreno, recorriendo el lugar en transectos de 100 m. El agregado de los valores de sociabilidad resultó de mucha utilidad para interpretar a los de Abundancia-Dominancia, de las especies relevadas. Todo detallado en la base de datos en el Anexo.

IV.7.2.2 Descripción de los bosques relevados

Se describió cada categoría de bosque con sus características más relevantes. Los datos se volcaron en planillas, donde se registraron género y especie, nombre vulgar, las especies arbóreas nativas, su estado general, altura promedio y diámetro a la altura del pecho de los árboles más importantes, además de la riqueza florística, en cuanto a su valor medicinal por ejemplo.

Se utilizó un GPS para la determinar la posición geográfica de los sitios relevados, detallándose además el departamento en el que estaban situados. Se tomaron fotografías del paisaje y de las especies más relevantes, entre otros datos de interés.

Se emplearon cartas topográficas publicadas por el Instituto Geográfico Militar Escala 1: 50000 y 1: 100000, que sirvieron de base para la ubicación geográfica además de las imágenes, y los mapas temáticos elaborados, a los que se agregó red hidrológica, límites políticos, rutas y caminos principales, ciudades y poblados, entre otros.

Los otros programas informáticos utilizados fueron Map Source, para descargar los puntos GPS, y ArcView 3.2 para su visualización como capa temática y para salidas gráficas.

La información obtenida se colectó en una base de datos, almacenándose en el formato Dbase IV para, posteriormente, vincular estos datos con la capa vectorial de puntos GPS desplegada en Arcview 3.2.

En Arcview 3.2 se agregaron mapas temáticos de la red hidrológica, represas, suelos, relieve, modelo digital de terreno, uso de la tierra en el 2003 y 2006, entre otros, para el análisis de los resultados del relevamiento a campo y para un ajuste más preciso de la información existente cuando se realizó el trabajo previo en gabinete.

Realizado el ajuste de límites y áreas de la categorización de los bosques nativos y las demás coberturas, hecho previamente en gabinete con los datos

obtenidos del trabajo de campo, se extrajeron los valores de superficie de bosques nativos en sus distintas categorías.

Se establecieron las áreas desmontadas con destino a agricultura mediante la extensión *change detection* en Arcview 3.2 entre el año 2003 y el año 2006; lo que se corroboró con el resultado de la diferencia entre totales, obtenidos para cada año en estudio, a nivel de cuenca.

Se confeccionaron mapas de las áreas ocupadas por las categorías ya descritas, para los años 2003 y 2006 y mapas de las áreas del cambio, que representan el avance de la agricultura en detrimento del bosque nativo a nivel de cuenca.

Con todo el material obtenido se confeccionó un Sistema de Información Geográfica de las áreas ocupadas con los distintos tipos bosques nativos, Tierras agropecuarias y Agrícolas, que se detallan en los resultados de este trabajo.

IV.8 Estudio Socioeconómico

IV.8.1 Cálculo del valor de la producción agropecuaria zonal

(Modificado de Villanova et al., 2009)

En la provincia de Entre Ríos existe una zonificación del territorio en base a la aptitud productiva y uso actual de la tierra. Las zonas fueron definidas por el Programa de Revaluación Parcelaria Rural en el año 1992 y tienen la particularidad de delimitar áreas que se identificaban por sus características fisiogeográficas y aptitud de uso de la tierra, por lo que se suponía que las unidades productivas ubicadas dentro de las mismas podían sintetizarse en unos pocos modelos económicos representativos de toda la zona.

El territorio de la Cuenca del Arroyo Feliciano abarca superficies correspondientes a distintas zonas agroecológicas, que pueden visualizarse en Figura IV.23.

La participación de la superficie correspondiente a cada una de las zonas identificadas en el total del territorio bajo análisis se puede apreciar en la Tabla IV.23.

Tabla IV.23 Superficie de la Cuenca del Feliciano discriminada según Zonas Agroeconómicas.

C°_DPTO	Zona Agr.	Superf.Ocupada (Ha)	Partic. Relativa (%)
070	11	48.837,7	5,96
070	8	49.846,5	6,08
070	3	253.531,7	30,92
035	9	105.370,4	12,85
035	2	190.678,9	23,26
070	13	64.199,3	7,83
112	12	53.144,5	6,48
035	4	40.386,0	4,93
070	7	13.857,1	1,69
	Total	819.852,1	100,0

Con el fin de determinar el monto del valor generado por el sector agropecuario en la zona de estudio se considera que un valor aproximado puede derivarse de utilizar los resultados obtenidos de los modelos productivos utilizados para el cálculo del avalúo de los predios al efecto de la determinación del impuesto inmobiliario rural (P.R.R- Secretaría de la producción-2005).

Zonas Agroecológicas

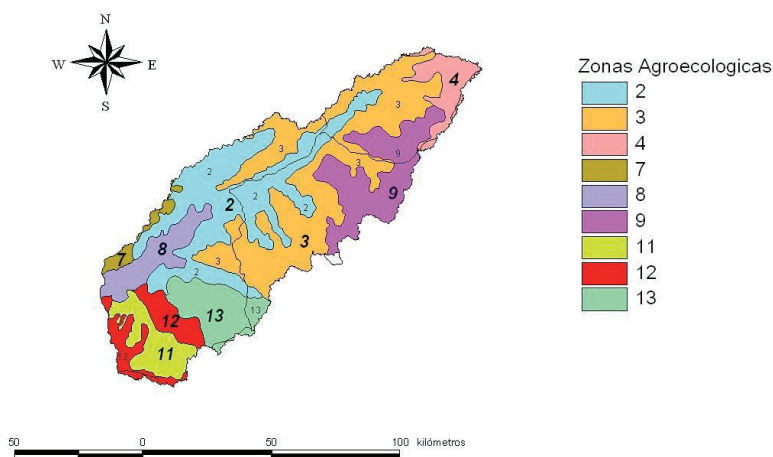


Figura IV.23. Zonas Agroecológicas de la Cuenca del Arroyo Feliciano.

Fuente: Elaboración propia -Plan de Revalúo Inmobiliario Rural-Secretaría de la Producción de Entre Ríos.

Los modelos productivos de referencia fueron determinados en cada una de las zonas agroeconómicas homogéneas y el supuesto imperante es que son representativos de las actividades que se realizan en toda la superficie zonal. Cuando se plantean dos o más modelos productivos por zona, se establece la ponderación correspondiente a cada uno de ellos. Se desprende que si se extrapola el resultado del modelo a la superficie zonal representada por el mismo, el valor resultante puede adoptarse como válido para esa zona o fracción de zona, según se trate.

IV.9 Estudio del Régimen Legal vigente

Las leyes del Agua, del Suelo y el Ambiente

La República Argentina suscribió la Convención sobre Biodiversidad en la conferencia de Río de Janeiro de 1992 y la ratificó luego por Ley N° 24375 de 1994, siendo desde entonces derecho positivo vigente.

El Artículo 124 de la Constitución prescribe que “corresponde a las provincias el dominio originario de los recursos naturales existentes en su territorio”. Sin embargo, el dominio debe armonizar con lo garantizado por el texto constitucional del Artículo 41 de proteger un ambiente sano observando la obligatoriedad de conservar los recursos mediante el poder de policía, la imposición de restricciones y limitaciones. A partir de la misma se dictaron leyes provinciales para suelo, agua y ambiente que han resuelto, de alguna manera, alguna problemática en el uso de los recursos mencionados, por adhesiones a leyes de cobertura nacional.

IV.9.1 Ley de bosques de la Provincia de Entre Ríos

• Ley Nacional N° 26331

El 28 de noviembre de 2007 se sancionó la Ley Nacional N° 26331 de los presupuestos mínimos de protección ambiental de los bosques nativos promulgada el 29 del mismo mes y publicada el 26 de diciembre de 2007, que faculta a las provincias; como autoridad de aplicación y control según la Constitución Nacional, a iniciar el ordenamiento territorial ambiental,

planificando las zonas destinadas a actividades productivas como la agricultura y aquellas de bosques nativos que deben preservarse como reservorios de biodiversidad, protectores de cuencas, reguladores del clima y proveedores de agua, entre otros, servicios naturales irremplazables para las comunidades tradicionales, para toda la sociedad e incluso para la propia producción agrícola e industrial y para la seguridad ambiental de los centros urbanos (Cappato, 2007).

El proyecto de la llamada “Ley de Bosques” declara la emergencia forestal y promueve una moratoria a los desmontes por cinco años o hasta tanto cada provincia desarrolle un ordenamiento territorial en sus bosques nativos, para que el territorio sea utilizado de manera racional, compatibilizando las necesidades sociales, económicas y ambientales.

• Ley N° 3623- Monte Nativo Adhesión a la Ley Nacional N° 13273

Como ya se mencionó a fines de 2007, el Congreso Nacional aprobó la Ley 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos. Sin embargo, el Poder Ejecutivo Provincial recién la reglamentó en febrero de 2009, tras el reclamo que hicieron más de 70 organizaciones sociales.

La Ley de Bosques establece que las provincias deberán realizar el ordenamiento territorial de sus bosques nativos (OTBN) a través de un proceso participativo, categoriza los usos posibles para las tierras boscosas: desde la conservación hasta la posibilidad de transformación para la agricultura, pasando por el uso sustentable del bosque. Así zonifica los bosques de la siguiente manera:

Categoría I (rojo): sectores de muy alto valor de conservación que no deben desmontarse ni utilizarse para la extracción de madera y que deben mantenerse como bosque para siempre. Incluirá las reservas naturales y sus áreas circundantes, que tengan valores biológicos sobresalientes, y/o sitios que protejan cuencas hídricas de importancia (nacientes de ríos y arroyos).

Categoría II (amarillo): sectores de alto o medio valor de conservación, que pueden estar degradados pero que si se los restaura pueden tener un valor

alto de conservación. Estas áreas no pueden desmontarse, pero podrán ser sometidos a los siguientes usos: aprovechamiento sostenible, turismo, recolección e investigación científica.

Categoría III (verde): sectores de bajo valor de conservación que pueden transformarse parcialmente o en su totalidad, con la previa realización de una Evaluación de Impacto Ambiental.

Un aspecto importante que incorporó la norma es la constitución del Fondo Nacional para el Enriquecimiento y la Conservación de los Bosques Nativos "con el objeto de compensar a las jurisdicciones que conservan los bosques nativos, por los servicios ambientales que éstos brindan". Este mecanismo de compensación por servicios ambientales, además de ser el primer antecedente de este tipo en la legislación argentina, se enmarca en la concepción de que el ordenamiento territorial por sí solo pierde sentido si no está acompañado de políticas activas que apoyen y promuevan el uso sustentable del bosque nativo.

La Ley de Bosques es una herramienta que debe ser aplicada adecuadamente para asegurar la conservación de nuestros bosques nativos.

IV.9.2 Ley de Suelos de la Provincia de Entre Ríos

Ley N° 8318- Manejo y Conservación de Suelos- y Decreto Reglamentario N° 2877

El 19 de diciembre de 1989 la legislatura entrerriana sancionó por unanimidad, la Ley 8.318, conocida a partir de entonces como Ley de Suelos. Con esa normativa, el estado declaró de interés público y sujeto a uso y manejo conservacionista a los suelos de la provincia que por sus condiciones naturales y por acción del hombre manifestaban síntomas o susceptibilidad de degradación.

Esta ley ofrecía estímulos para seducir a los productores y también obligaciones sobre los deberes a realizar. Los interesados en acceder al beneficio de la desgravación impositiva, debían presentar un "Plan de manejo y

conservación de suelos” que tendría como responsable a un profesional de la agronomía.

Según las características de los trabajos de conservación realizados, se establecieron reducciones o exenciones del Impuesto inmobiliario que pueden llegar a un plazo de hasta diez años, siempre que las prácticas se mantengan durante ese período.

A partir de 1990, lenta pero progresivamente, se fueron sumando productores y superficie a los sistemas de conservación. Según datos de la Dirección de Recursos Naturales de la provincia, hasta junio de 2009, se han registrado 193,303 hectáreas bajo prácticas de sistematización; 246.227 se realizan bajo sistema de siembra directa, 12.435 realizaron sistemas de drenajes, 23.555 ingresaron al sistema de manejo de montes y 12.340 implantaron praderas. Si a estos datos se le suman las que ya no tienen beneficio fiscal y las que no se registran en la repartición oficial, suman 800 mil hectáreas.

IV.9.3 Ley de Áreas Naturales Protegidas

La provincia de Entre Ríos cuenta con una norma (Ley N° 8967/95) que crea el Sistema Provincial de Áreas Protegidas.

Esta norma establece la posibilidad de reconocer áreas naturales protegidas en tierras privadas, las cuales integrarán el Sistema Provincial de Áreas Protegidas, si mediar un convenio con el titular del predio. Define como Área Natural Protegida a todo espacio físico que, siendo de interés científico, educativo y cultural por sus bellezas paisajísticas y sus riquezas de fauna y flora autóctona, son objeto de especial protección y conservación, limitándose la libre intervención humana a fin de asegurar la existencia de sus elementos naturales a perpetuidad.

La ley distingue el dominio del área a proteger -público o privado- por un lado y la categorización del área -con su consiguiente Plan de Manejo- por el otro. Dichas categorías de manejo pueden ser Parque Natural, Monumento

Natural, Reserva Natural, Paisaje Protegido y Reserva de Uso Múltiple. En cuanto a su creación, deberá realizarse en forma provisoria por un decreto del Ejecutivo, el cual se ratificará mediante el dictado de una ley.

La norma faculta al Poder Ejecutivo Provincial a exceptuar o reducir la carga tributaria del Impuesto Inmobiliario sobre la superficie afectada como área natural protegida durante el plazo que el mismo estipule. La misma norma invita a los municipios a adherir a sus términos y a otorgar beneficios similares sobre los impuestos, tasas y contribuciones a quienes conformen áreas naturales protegidas, mediante convenios con ellos.

Concepto de Reserva Natural

Art. 2.- Entiéndase por área Natural Protegida a todo espacio físico que siendo de interés científico, educativo y cultural por sus bellezas paisajísticas y sus riquezas de fauna y flora autóctona, son objeto de especial protección y conservación, limitándose la libre intervención humana a fin de asegurar la existencia de sus elementos naturales a perpetuidad.

Art. 28.- A los fines de la mejor comprensión de la presente ley se entenderá por área Natural: toda área o región en la que las especies que la pueblan son autóctonas y desarrollan sus ciclos vitales libremente sin la intervención o impacto humano.

IV.9.4 Ley de Agua de la Provincia de Entre Ríos

a) Ley N°:49172. Uso productivo del agua. La Ley tiene por objeto la regulación del uso, aprovechamiento del recurso natural constituido por las aguas subterráneas y superficiales con fines económicos productivos en todo el territorio de la Provincia, tendiente a lograr su mejor empleo bajo los principios de equidad, proporcionalidad y racionalidad, apuntando a su conservación y defensa con el fin de mejorar la producción en armonía con el medio ambiente, incluyendo las obras hidráulicas con idénticos fines y bajo los mismos principios enunciados. Establece los permisos y prioridades de la utilización del agua y fija

los mecanismos de control y las normas de procedimientos a seguir. Autoridad de aplicación: Consejo Regulador del Uso de Fuentes de Agua (CORUFA).

b) Decreto N°: 7547/99 Reglamenta la Ley N°: 9172. Fija los requerimientos jurídicos, administrativos y técnicos para la elaboración de los estudios para el aprovechamiento de aguas, superficial y subterránea. Autoridad de Aplicación: Consejo Regulador del Uso de Fuentes de Agua (CORUFA).

c) Decreto N°: 4390/44. Aprueba modificaciones para el aprovechamiento de aguas, disposiciones sobre tomas y canales para riego y otros usos. Autoridad de Aplicación: Consejo Regulador del Uso de Fuentes de Agua (CORUFA).

d) Ley N°: 9008/96 “Línea de Ribera”. Define y demarca la línea de Ribera y mapas de zonas de riesgo hídrico, en los ríos de Paraná, Uruguay e interiores navegables de la Provincia. Autoridad de Aplicación: Dirección de Hidráulica.

e) Ley N°: 8534/1996 Atajerrepuntes: Regula la construcción y el mantenimiento de obras de endicamientos para defensa y manejo de aguas correspondientes a zonas ubicadas en ríos, arroyos, canales y anegadizos con el objetivo de evitar inundaciones en caso de repuntes de las aguas y clasifica las obras de sistematización y defensa. Autoridad de Aplicación: Dirección de Hidráulica.

f) Decreto N° 5870/2002. Crea el Consejo Regulador del uso de fuentes de agua.

g) Ley N° 9757/2006.Comité de cuencas. Crea el Régimen de los Comités de Cuenca y Consorcios del Agua; el mismo tiene la finalidad de generar condiciones y proyectos, asegurando así la integración regional, provincial y la explotación racional de las obras hidráulicas y del aprovechamiento sustentable del agua de dominio público. Autoridad de Aplicación: Consejo Regulador del Uso de Fuentes de Agua (CORUFA).

h) Ley N° 9678. Ente Termal. El proyecto fue aprobado por la Legislatura, luego el 28 de febrero de 2006 se publicó en el Boletín Oficial la por

la cual se estableció el Marco Regulatorio del manejo de los recursos termales de la provincia de Entre Ríos, y se creó la autoridad de aplicación, el denominado Ente Regulador de los Recursos Termales de la Provincia de Entre Ríos (E.R.R.T.E.R.) Autoridad de Aplicación: Ente Regulador de los Recursos Termales de la Provincia de Entre Ríos (E.R.R.T.E.R.).

i) Ley N° 9714, Ley Correctiva al fondo del Ente Termal. Promulgada el 12 julio de 2006, por la que se concibió el Fondo para la Conservación del Recurso Termal, el Agua, el Suelo y el Ambiente. Autoridad de Aplicación: Ente Regulador de los Recursos Termales de la Provincia de Entre Ríos (E.R.R.T.E.R.).

IV.10. Modelos de Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas

(Modificado de Duarte et al., 2009)

Existe, a nivel internacional y nacional, una amplia justificación teórica y práctica para utilizar la cuenca hidrográfica como unidad territorial para la planificación, manejo y gestión de los recursos hídricos y en general para todos los recursos naturales. Se tiene como información más antigua en planificación del desarrollo de cuencas hidrográficas la creación de la Autoridad Autónoma del Valle del Tennessee en Estados Unidos, en 1933.

En los distintos sectores de una cuenca existen un sin número de inversiones, interés, preocupación, conocimientos, experiencias aprendidas y participación local a nivel mundial que muestran con ejemplos concretos, la utilidad de este enfoque de la gestión integrada de los recursos hídricos para gestionar sosteniblemente las cuencas.

En la Provincia de Entre Ríos se han venido realizando algunas etapas de esta gestión pero en forma aislada y sin coordinación. Entre las distintas instituciones y actores del territorio, no se ha planteado aun un ejemplo concreto de gestión integrada, pretendiendo ser este trabajo un primer esbozo para la

cuenca del Arroyo Feliciano, la segunda cuenca en importancia territorial en la Provincia.

Se desea aportar con la visión local ideas, propuestas y acciones que permitan transitar hacia una gestión integral de los recursos hídricos y de los bosques nativos y que este pueda ser replicado en el resto de las cuencas del territorio provincial.

IV.10.1 Adecuación de Modelos de Gestión existentes

Antes de comenzar a desarrollar cualquier concepto de gestión, se tiene que partir de la base del conocimiento de lo que se posee del territorio, ya sea en cuanto a los aspectos humanos, físicos, institucionales, legales, económicos, sociales o ambientales. Es aplicable a estos casos la frase: “no se puede manejar o gestionar lo que no se conoce”. Por lo tanto, se debe tener un buen diagnóstico de la situación de la cual se va a partir, es decir, una línea base de la cual se podrán operar, adecuar o instalar nuevos cambios en el territorio.

Son muy diversos los que de una u otra manera se encuentran involucrados por el agua, o los bosques en una cuenca, poblaciones urbanas y rurales, productores individuales, productores asociados, municipios, regantes, ganaderos, horticultores, tambos, engorde a corral, usuarios no tradicionales como el termal, acuícola en el caso del agua, y otros tantos que intervienen modificando la condición natural de la cuenca hidrográfica.

En general, los actores los podemos agrupar en el sector gubernamental a través de sus organismos dedicados a la gestión de los recursos naturales; **los organismos** gubernamentales nacionales, provinciales e interjurisdiccionales (Calacagno, 2000).

Por otro lado, **la comunidad**, a través de sus organizaciones no gubernamentales, de consumidores y de base con intereses directos e indirectos, activos y pasivos en la gestión del recurso.

El **sector privado** a través de sus organizaciones de usuarios, operadoras y productivas.

Todos estos confluyen como actores en un escenario de uso de los recursos en beneficio económico o de subsistencia. Por lo tanto, el número de actores cada día aumenta y por ende sus pretensiones sobre los recursos escasos y vulnerables, aumentando los conflictos en forma exponencial.

Las preguntas que nos hacemos: ¿es posible una gestión integrada como nos explican infinidad de teorías y experiencias extranjeras y algunas nacionales?.

La Gestión Integrada de los Recursos Hídricos es el paradigma de nuestros tiempos que pretende sintetizar los principios, criterios y lineamientos de gestión necesarios para lograr un desarrollo sostenible de los recursos hídricos, en conjunto con el de los demás recursos naturales, como requisito principal del otro paradigma: el Desarrollo Sustentable o Sostenible.

Por tanto son supuestos básicos de esa gestión lograr una adecuada consideración de las dimensiones sociales, ambientales y económicas del desarrollo de recursos atendiendo a los conceptos fundamentales de la sustentabilidad del desarrollo, esto fue:

Eficiencia económica en el uso del agua: Dada la agudización de la escasez de los recursos financieros y de agua, la naturaleza vulnerable y finita del agua como recurso y la creciente demanda por éste, es que el agua debe ser utilizada con la máxima eficiencia posible.

Equidad: Debe ser universalmente reconocido el derecho básico de toda la gente al acceso al agua de adecuada cantidad y calidad para el sustento del bienestar humano.

Sustentabilidad ecológica y medioambiental: El uso del recurso al presente, debiera ser manejado de manera que no reduzca su rol en la sustentabilidad de la vida, comprometiendo el uso del recurso por futuras generaciones (Calcagno,. 2000) (Figura IV.24).

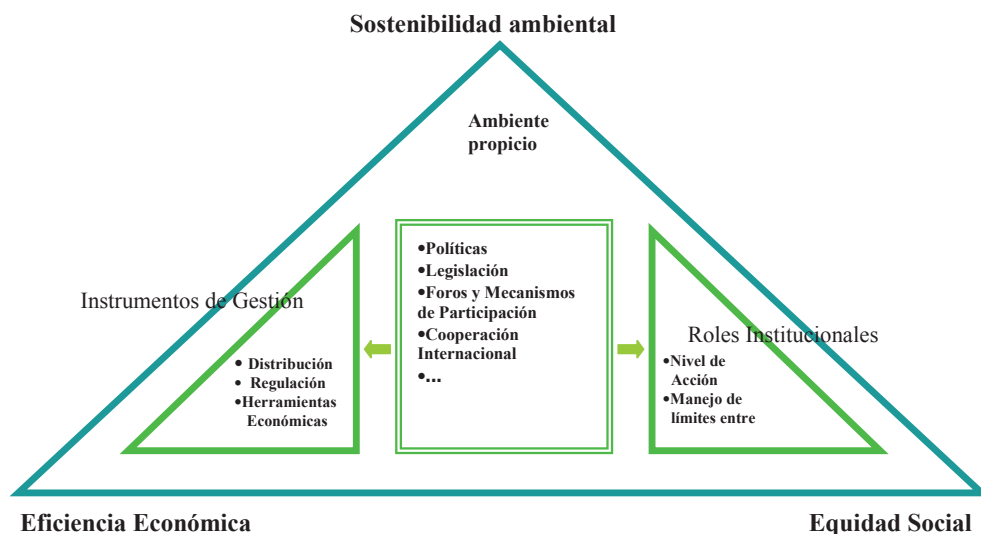


Figura IV.24. Principios, Lineamientos, Criterios de gestión. (Calcagno, 2010)

IV.10.2. La Gestión y los Principios rectores de Política hídrica

Una Gestión Hídrica eficiente debe ser constituida por una Política Hídrica, que determine las directrices generales, por un Modelo de Gestión, que establezca la organización legal y administrativa y por un Sistema de Gestión, que articule instituciones y aplique los instrumentos legales y metodológicos para la preparación y ejecución del Planeamiento.

A partir del 2003 el país se encaminó en una etapa de toma de conciencia de las debilidades existentes en materia de gestión de sus recursos hídricos. Se coincidió en que el primer paso en esa dirección era definir la visión que conduzca a una base jurídica sólida que garantice una gestión eficiente y sostenible de los recursos hídricos para todo el país. Con tal fin, y a instancias de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, las provincias argentinas convocaron a los sectores vinculados con el uso, gestión y protección de sus recursos hídricos, buscando establecer lineamientos que armonicen los valores sociales, económicos y ambientales que nuestra sociedad le adjudica al agua. En esta tarea fueron convocados un número superior a 3000 especialistas de todo el país. La adopción de los lineamientos de política así gestados, llamados

Principios Rectores de Política Hídrica de la República Argentina por parte de todas las Provincias y la Nación, permitió dotar al país de una Política de Estado en materia de aguas.

Se arribó así al Acuerdo Federal del Agua suscripto por las provincias argentinas y la Nación en el año 2003 en el cual se adoptaron los PRPH, donde quedaron consensuados, en un marco de federalismo concertado, los fundamentos de una política hídrica nacional, racional y aglutinante de todos los sectores.

Los PRPH nacen y se nutren de la sabiduría y experiencia de la comunidad hídrica de nuestro país; visión que fue recogida y madurada a la luz del consenso por las autoridades hídricas de cada jurisdicción, a instancias de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación.

Por otra parte, en el marco del Acuerdo Federal del Agua, se arribó a la creación del Consejo Hídrico Federal (COHIFE), el cual se instaló como la instancia federal donde debatir y consensuar los contenidos de la política hídrica del país y para acompañar la implementación de las medidas y acciones necesarias que permitan alcanzar los objetivos y metas de dicha política.

A partir de entonces, el Consejo Hídrico Federal y la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, trabajan juntos bajo el lema “de la visión a la acción”, a los fines de plasmar en acciones concretas la política definida para el sector, siguiendo el Principio Rector N° 17: Gestión integrada del recurso hídrico.

“La gran diversidad de factores ambientales, sociales y económicos que afectan o son afectados por el manejo del agua avala la importancia de establecer una gestión integrada del recurso hídrico (en contraposición al manejo sectorizado y descoordinado). Ello requiere un cambio de paradigma, pasando del tradicional modelo de desarrollo de la oferta hacia la necesaria gestión integrada del recurso mediante la cual se actúa simultáneamente sobre la oferta y la demanda de agua, apoyándose en los avances tecnológicos y las buenas prácticas. Asimismo, la gestión hídrica debe estar fuertemente vinculada

a la gestión territorial, la conservación de los suelos y la protección de los ecosistemas naturales.”

Esta declamación hoy se está concretando en acciones en distintas cuencas provinciales e interjurisdiccionales encarando acciones concretas, dentro del marco del desarrollo participativo del Plan Hídrico Federal Nacional, iniciado en el año 2006, en donde se definieron los principales problemas de gestión de los recursos hídricos en las diferentes regiones del país y las acciones necesarias para su solución.

La República Argentina es un país federal en el cual, según lo establecido por la Constitución Nacional, corresponde a las provincias el dominio originario de los recursos naturales existentes en su territorio. En tal sentido, definen de acuerdo con lo establecido en su propia ley o código de agua y otras normas legales, sus criterios de asignación, condiciones de uso, régimen de concesiones, resolución de conflictos, tarifas, entre otros. De la misma manera, sus marcos legales establecen diferentes formas de organización institucional.

La Figura IV.25 propone un espacio tridimensional para abordar el análisis de estos aspectos y sus interrelaciones, de acuerdo con Hufschmidt y Mac Cauley (1991), donde se relacionan:

- las *funciones del proceso de gestión* de los recursos (evaluación del recurso, planificación, gerenciamiento y control);
- los *elementos del sistema de gestión* (acciones de carácter infraestructural, instrumentos de gestión y arreglos institucionales y organizacionales);
- los diferentes *actores* representativos.

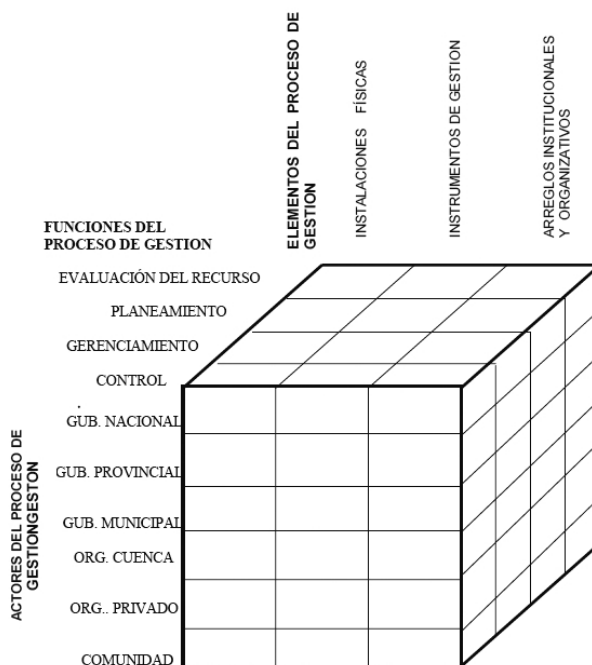


Figura IV.25. Espacio tridimensional según Hufschmidt y Mac Cauley (1991).

Funciones del Proceso de Gestión

Las funciones del Proceso de Gestión Integrada de los Recursos Naturales son:

- Evaluación,
- Planificación,
- Gerenciamiento
- Control

Evaluación del recurso

Comprende el conocimiento de la situación del recurso y su ambiente en el tiempo y el espacio, y consta de las siguientes actividades:

- Diseño, implementación, operación y mantenimiento de una red de estaciones de medición sistemática de parámetros de cantidad y calidad.

- Procesamiento básico de los datos de las diversas fuentes con fines de consistencia, control de calidad, representatividad regional y temporal. Preparación de un banco de datos.

- Implementación y operación de bancos de datos y Sistemas de Información Geográficos (GIS) interactivos e interconectados, accesibles a los usuarios internos de la administración, de otros organismos gubernamentales y externos habilitados. El banco de datos debe tener como objetivo compilar información relacionada con la gestión de los recursos naturales en sentido amplio considerando a los recursos naturales (clima, agua superficial y subterránea, suelos, vegetación, uso del suelo, etc.), el ambiente (fundamentalmente indicadores relacionados con los ecosistemas acuático y ribereños), aspectos socioeconómicos (infraestructura, salud, actividades productivas, uso, demanda, etc.) y aspectos institucionales (marco regulatorio nacional aplicable, provincial y municipal relativo al uso y protección de los recursos naturales, al medio ambiente, etc.).

- Procesamiento especializado de datos con fines de evaluación del recurso (análisis regionales, de tendencias, índices de calidad del agua, modelos matemáticos que permitan comprender y prever el funcionamiento de los sistemas en condiciones normales y extremas).

- Procesamiento y diseminación de la información de interés general y específico a usuarios habilitados y al público en general, con fines utilitarios, de información general, de alerta, de prevención y de educación.

Planificación

Tiene por objeto la asignación óptima de los recursos entre sus usos competitivos, tomando en consideración las demandas sociales y ambientales. Las principales actividades son las siguientes:

- Inventario sistemático de las disponibilidades de recurso (cantidad y calidad) mediante el desarrollo e implementación de tecnologías apropiadas de

simulación y evaluación (modelos conceptuales y matemáticos de diverso orden de complejidad) que integren la oferta y demanda del recurso a nivel de cuenca.

- Evaluación sistemática de la demanda actual y potencial futura del recurso según los diversos usos.
- Evaluación técnico económica (micro y macro económica) del uso múltiple del recurso y asignación optimizada de recursos mediante la implementación de tecnologías apropiadas de diverso orden de complejidad.
- Evaluación sistemática de situaciones extremas y análisis de riesgos asociados en función de la vulnerabilidad de los territorios y usos actuales y potenciales afectados.
- Identificación, diseño y evaluación técnico, económica, social y ambiental de medidas estructurales e instrumentales aplicables a la gestión pública y privada de los recursos naturales que promuevan conductas apropiadas de uso racional y sustentable de los recursos y conduzcan a la asignación óptima del uso de los mismos.

Gerenciamiento

Involucra el diseño ejecutivo, la implementación y supervisión de las acciones de infraestructura y no estructurales, planificadas. Las principales acciones son las siguientes:

- Diseño, construcción y operación de obras y sistemas conducidos por la administración.
- Evaluación técnico económica, autorización y supervisión de la construcción, operación y mantenimiento de obras realizadas por terceros.
- Elaboración de normas, reglamentos, guías y recomendaciones técnicas relacionadas con la construcción, operación y mantenimiento de obras, con materiales y equipos, riesgos y planes de contingencia y con la evaluación de impactos ambientales de la construcción y operación de obras relacionadas con los recursos naturales.

— —

- Promoción, coordinación e implementación de medidas y acciones no estructurales para el uso racional y sustentable de los recursos naturales. Ello implica, por ejemplo: aplicación de normas, estándares, zonificaciones, planes de alerta, instrumentos económicos, etc.
- Acciones de gestión y coordinación con otros organismos nacionales, regionales y del ejecutivo y legislativo.
- Implementación y operación de redes de participación de usuarios, de la comunidad y de las organizaciones de la sociedad civil.
- Organización y desarrollo de talleres, seminarios y reuniones técnicas de capacitación, intercambio y difusión de experiencias.
- Actividades de difusión, educación y concientización.

Control

Comprende la evaluación y control del cumplimiento de los objetivos, políticas y acciones de manejo del recurso. Las actividades principales son las siguientes:

- Evaluación del logro de los objetivos y políticas de manejo de los recursos a través del monitoreo de indicadores representativos de la situación de los recursos naturales, del ambiente asociado y del medio social y económico.
- Fiscalización y control del cumplimiento del marco de normativas vigentes aplicables al uso y protección de los recursos naturales y su ambiente, incluyendo la aplicación de las sanciones y penalidades previstas.
- Control de los resultados de la aplicación efectiva de los instrumentos y acciones de gestión establecidos por la administración.
- Identificación de medidas de corrección y ajuste para revertir los desvíos que se comprueben (Figura IV.26).

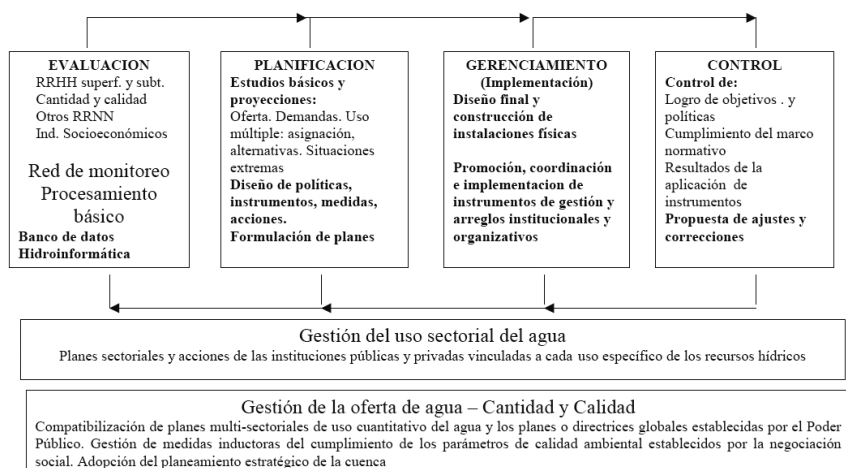


Figura IV.26. Gestión de la Oferta de agua- Cantidad y Calidad.

La adopción de la cuenca hidrográfica como unidad ideal de planeamiento e interacción, requiere el desarrollo de modelos de gestión apropiados (Lanna, 2000).

La evaluación de los mecanismos institucionales y financieros para la Gestión de los Recursos Hídricos permite distinguir 3 fases de nivel creciente de complejidad que adoptan los modelos gerenciales para posibilitar un abordaje más eficiente del problema: el modelo burocrático, el modelo económico financiero y el modelo sistémico de integración participativa.

IV.10.3 Agua virtual como Indicador de Gestión

Para el cálculo del agua virtual de origen agropecuario de la Cuenca del Arroyo Feliciano se realizó una búsqueda de datos en los siguientes aspectos:

Datos Climáticos. Para la determinación de los usos consuntivos de los principales cultivos de la cuenca se recopilaron datos de la estaciones agrometeorológicas de distintos organismos. Se trabajó con los datos de la estación meteorológica San José de Feliciano, de la Dirección de Hidráulica de Entre Ríos, de las cuales se recopilaron datos relativos a precipitación, presión atmosférica, temperaturas máximas y mínimas diarias, vientos y nubosidad.

Producción y rendimiento de cultivos. La superficie cultivada y la producción fueron tomadas de la Bolsa de Cereales de Entre Ríos, abarcando en dicha recopilación los cultivos de: maíz, soja, arroz, trigo, sorgo y girasol.

Se obtuvieron datos de la Dirección General de Ganadería e informes de la Dirección de Estadística y Censos de la Provincia de Entre Ríos.

Producción Avícola. La producción avícola en nuestra Provincia se divide en producción de carnes y producción de huevos. Para la valoración de estas actividades se recurrió a un informe denominado: Información de la Actividad Avícola en Entre Ríos de Junio de 2008, elaborado por la Dirección General de Ganadería y Avicultura de la Secretaría de la Producción de Entre Ríos.

Producción Apícola. Existe en la Provincia una excelente producción de miel, como es el caso para la Cuenca del Arroyo Feliciano con una producción de 238 t, donde se destaca el Departamento Federal con la mayor producción de los tres departamentos que componen esta cuenca. No se cuenta aun la estimación de la cantidad de agua que insume la producción, por lo que no pudo ser incorporado en los cálculos finales de este estudio.

IV.10.3.1 Cálculo del agua virtual

Contenido de agua virtual por producción agrícola

En el caso de la Provincia de Entre Ríos en su gran mayoría el agua virtual exportada es procedente de productos primarios (agrícola-ganaderos), por lo que se tendrá una particular atención en el cálculo global. Situación similar se plantea para el ámbito de la Cuenca del Arroyo Feliciano. Para la determinación del agua virtual de los productos primarios agrícola, con la información climática, de cultivos se aplicó el software CROPWAT de FAO a los fines de determinar el uso consuntivo (m^3/ha) para los cultivos producidos y que salen del ámbito de la cuenca (arroz, maíz, soja, trigo). Los coeficientes K_c para los diferentes cultivos fueron tomados de datos regionales y valores recomendados por la FAO.

Además, se determinaron las cantidades de exportación de dichos cultivos, la cantidad de superficie sembrada (ha) y se calcularon sus rendimientos (kg/ha). Como producto del uso consuntivo por el rendimiento de dichos cultivos se obtuvo el uso de agua por unidad de producción (m^3/kg) que, al multiplicarlo por la cantidad de ese producto (kg) resultó la cantidad de agua virtual de ese cultivo (Figura IV.27). El contenido de agua virtual del arroz que un comprador adquiere en un comercio es de alrededor $3.420 \text{ m}^3/\text{t}$, una cantidad mucho mayor que la que posee el arroz tal y como se recolecta del campo. La diferencia entre ambos datos se explica por el procesado del producto, por lo que habrá que tener muy en cuenta el nivel de manufactura del mismo para medir su agua virtual.

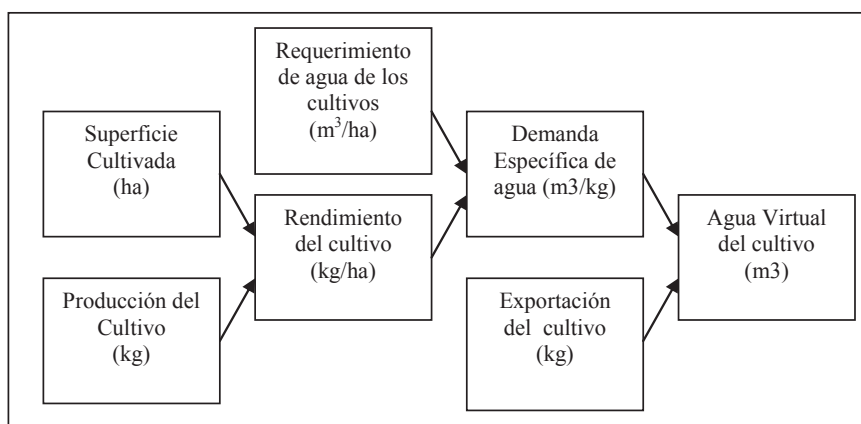


Figura IV.27. Proceso de Cálculo del agua virtual de una cuenca para producción agrícola. (Extraído de Hoekstra-Hung (2003)).

Contenido de agua virtual de otros productos agropecuarios

Dado que aun no se poseen datos de locales para todos los otros productos primarios como ejemplo la miel o la madera, entre otros, se utilizaron para dichos casos tablas de la UNESCO a los fines de aproximar el agua virtual de la cuenca. Los productos de origen ganadero poseen un contenido de agua virtual mucho mayor que los productos agrícolas, hecho que se debe al mayor consumo de agua de los animales hasta el momento en que son capaces de servir para la producción (Chapagain et al., 2004).

Si tomamos otro ejemplo de producto primario producido en la Provincia de Entre Ríos y en la Cuenca, en particular, como lo es la carne vacuna (novillo), se puede expresar que durante los tres años transcurridos entre su nacimiento y faena, produce de 250 a 270 kilos de carne, que descontando el peso de los huesos, hacen 200 kg. Así, para producir un kilo de carne se utilizan unos 155 litros de agua. Además, para producir los alimentos que consume son necesarios 15.340 litros de agua. Por tanto, se puede decir que cuanto mayor es el nivel de procesamiento de un producto, mayor es su contenido en de agua virtual. En el caso del engorde a corral se estima una producción superior a 1 kg/animal/día, siendo más eficiente por el mayor engorde en menor tiempo.

Las unidades para expresar el contenido de agua virtual de un producto se miden en metros cúbicos de agua por tonelada de producto (o lo que es lo mismo, litros/kilo). Pero un consumidor podría estar más interesado en saber qué cantidad de agua corresponde a cada unidad de consumo, como por ejemplo, una taza de café, un vaso de vino, un folio de papel o una ración de pan.

IV.10.3.2 Consideraciones en la aplicación del concepto de Agua Virtual

Este concepto reúne como ninguno por un lado el uso del agua para un fin determinado y por otro la facilidad de interpretación de la economía del agua.

Se pretende analizar, a nivel de cuenca, y encontrar una vía de regulación del uso del recurso y el campo económico tal, que permita controlar la demanda y poder analizar los costos y productividad del agua.

Debemos, asimismo, modernizar nuestros balances hídricos añadiendo a los tradicionales conceptos hidrológicos los conceptos económicos citados, transformando los balances hídricos tradicionales en balances hidroeconómicos. Se deben explorar nuevas vías como la de los balances hídricos de agua virtual (López Martos, 2004.).

IV.10.3.3 Agua Virtual como indicador de gestión

La Provincia de Entre Ríos, dado su perfil productivo como agroexportador, produce un gran número de bienes de origen agropecuario que implican la intervención sobre los recursos naturales, en particular el suelo, el bosque nativo y el agua, incrementando este fenómeno en las últimas décadas. En particular, se han incorporado nuevas áreas que hasta hace muy poco tiempo se las consideraban marginales a la producción fundamentalmente agrícola como está sucediendo en la Cuenca del Arroyo Feliciano.

La agricultura es una de las principales producciones demandantes de agua (suma alrededor del 70% en el promedio mundial), siendo el riego una de las actividades que genera preocupación respecto a la disponibilidad e impactos sobre la demanda de agua potable, que puede implicar el incremento de las extracciones a través de este hacia las décadas venideras (Bruinsma, 2003).

A partir de la puesta en vigencia de los Principios Rectores de Política Hídrica de la República Argentina en el año 2003, se ha iniciado un especial interés por la Gestión Integrada de los Recursos hídricos, lo cual se ve reflejado en un sin número de actividades, propuestas y acciones en esta temática, que en el país tenía un relativo atraso respecto a los países vecinos y en el contexto internacional.

Entre esas acciones el considerar el valor económico del agua y con temas derivados como la venta del agua, el agua virtual y un sin número de conceptos que aparecen en el contexto de la gestión de los recursos hídricos, necesitan de una comprensión inmediata por parte de los gestores, instituciones gubernamentales y no gubernamentales, para entender ciertos principios manejados en una gestión moderna de los recursos mencionados.

El Principio Rector N° 36 nos dice sobre el valor económico del agua lo siguiente:” Al convertirse el agua en un bien escaso como resultado de la competencia por su aprovechamiento, una vez cubierta su función social y ambiental, adquiere valor en términos económicos, condición ésta que introduce racionalidad y eficiencia en la distribución del recurso. La consideración del

valor económico del agua durante la etapa de planificación permite identificar los posibles usos del recurso con capacidad de aportar desarrollo sustentable a una región.” (Fuente: “Water Footprints of Nations”, elaborado por la Unesco).

Este principio de total actualidad nos alerta sobre considerar ese valor económico una vez cubiertas las funciones sociales y ambientales. Muy ligado a este principio aparece, en la década de los noventa, el concepto del agua virtual (Allan, 1993), el cual se define como la cantidad de agua que es utilizada en el proceso de producción de un bien cualquiera (agrícola, alimenticio, industrial). Este concepto fue aplicado por distintos autores al ámbito nacional. Se puede aplicar el mismo concepto a una cuenca, considerando a los productos elaborados y exportados fuera de los límites de esta cuenca como agua virtual exportada que deja una huella hídrica dentro de este territorio y se considera un indicador dentro la gestión de los Recursos hídricos de la Cuenca del Arroyo Feliciano. Si bien aun falta información para un detallado cálculo, se ha realizado una primera aproximación de la exportación de agua virtual en la Provincia de Entre Ríos siendo, para los últimos años, de aproximadamente 6, 8 Gm³/año; evidenciándose un alto crecimiento en la última década. Al igual que en el resto del país el principal origen de la exportación de agua virtual proviene de la producción primaria, representando Entre Ríos un 13% del agua virtual exportada por la República Argentina, siendo para esta provincia los cereales, oleaginosas y carnes los productos de mayor incidencia. El 49,1% del agua exportada como agua virtual se realiza a través de los Productos Primarios, el 50,5% de Productos agroindustriales y solo un 0,4% de Productos Industriales (Duarte et al., 2009).

Marco teórico

Se considera oportuno admitir que el marco teórico donde se presenta el concepto del agua virtual se encuentra dentro de un universo aun mayor e incluyente, el valor económico del agua; por tal su definición y la de un concepto cercano como lo es la “huella hídrica” de una región y el de eficiencia hídrica, vienen a complementar un grupo de conceptos necesarios para una gestión moderna de los recursos hídricos, en este caso de una cuenca.

Agua Virtual: Productos de uso cotidiano

El concepto de agua virtual introducido por Allan tiene como objetivo el descubrir el intercambio indirecto del agua que se produce en el comercio internacional, zonal y por qué no incluirlo en límite de una cuenca (fundamentalmente con producción agrícola). Se define, por lo tanto, como la cantidad de agua que se requiere para producir una unidad de cada uno de esos bienes. Como ejemplo se presenta, en la Tabla 1, la cantidad de agua utilizada en la elaboración de ciertos productos de uso cotidiano:

Tabla IV.24. Agua virtual de productos de uso cotidiano.

Producto	Agua virtual (Litros)
1 vaso de cerveza (250 ml)	75
1 vaso de leche (200 ml)	200
1 taza de café (125 ml)	140
1 taza de té (250 ml)	35
1 porción de pan (30 g)	40
1 porción de pan (30 g) con queso (10 g)	90
1 papa (100 g)	25
1 manzana (100 g)	70
1 camiseta de algodón (talla media, 500 g)	4100
1 hoja de papel A4 (80 g/m ²)	10
1 vaso de vino (125 ml)	120
1 vaso de jugo de manzana (200 ml)	190
1 vaso de jugo de naranja (200 ml)	170
1 bolsa de papas fritas (200 g)	185
1 huevo (40 g)	135
1 hamburguesa (150 g)	2400
1 tomate (70 g)	13
1 naranja (100 g)	50
1 par de zapatos (cuero vacuno)	8000
1 microchip (2 g)	32

Fuente: "Water footprints of nations", UNESCO.

En el análisis a nivel nacional o regional de este concepto pueden comprobarse dos cosas:

1. Si el país está exportando o importando agua en el intercambio.

2. Las ganancias en términos de eficiencia que se obtendría si un país deficitario de agua, importa un determinado producto intensivo en su uso, en lugar de producirlo localmente.

Desde el punto de vista de una cuenca este concepto también se relaciona con cuatro aspectos de la gestión de los recursos hídricos:

Presión directa sobre los recursos hídricos - competencia entre usos

Seguridad alimentaria para la región

Desarrollo de los mercados de los recursos hídricos

Valor estratégico del agua

El comercio agrícola mundial puede también ser pensado como una gigantesca transferencia de agua, en forma de materias primas, desde regiones donde se la encuentra en forma relativamente abundante y a bajo costo, hacia otras donde es escasa, es cara y su uso compite con otras prioridades (Pengue, 2006). Y es en esta cuenca, donde avanza la frontera agrícola, donde es indispensable analizar este tipo de indicadores.

El agua virtual como indicador en la gestión ha tenido una amplia recepción y se ha comenzado a difundir de manera rápida y fecunda. Además del uso directo de este concepto para estimaciones económicas existe un amplio consenso con respecto a la utilidad del agua virtual como elemento de sensibilidad ambiental y de planteos para la toma de decisiones.

Este indicador analiza las relaciones entre la forma de producción de un bien o servicio y la cantidad de agua utilizada para la producción de una unidad de ese bien o servicio, lo que se puede analizar en un área, cuenca, región o país en la que existe un límite máximo o capacidad la cual no debe ser superada para evitar la sobreexplotación del recurso.

La rápida difusión de este concepto, se debe fundamentalmente por sus características básicas que posee buen indicador, siendo este, sintético, de fácil disponibilidad, expresado en unidades físicas fácilmente comprensibles por el

público no especializado que permite realizar comparaciones entre distintos lugares.

Su aplicación es directa, ya que las comparaciones con la oferta de los recursos hídricos de una región, cuenca o país son inmediatas y permite analizar las posibilidades de utilización de los recursos en función de la producción o servicios del área en estudio.

V. RESULTADOS

V.1 Sistema de Información Geográfica de la Cuenca del Arroyo Feliciano

En la Tabla V.1 se detallan las capas generadas para el Sistema de Información Geográfica, así como una descripción de éstas, la fuente de origen de los datos utilizados, el elemento geométrico para su representación y los atributos cargados en la tabla vinculada. Se han obtenido hasta la fecha de este escrito, 139 capas constituyentes del SIG de la Cuenca del Arroyo Feliciano, las cuales se describen a continuación.

Tabla V.1. Detalle de las coberturas presentadas en el SIG.

Capa	Descripción	Fuente	Elemento	Atributos
Imagen satelital que cubre toda el área de la cuenca	Mosaico con dos imágenes Landsat 7 ETM (resolución 30m x 30m. fecha 25 de Diciembre de 2006)	CONAE-FCA	Imagen	Path 226-row081 y path226-row082. Proyección Gauss Krugger Argentina, Zona 5 (61.5W - 58.5W), Datum WGS84, unidades en metros
Imagen de la cuenca	Cubre toda el área de la cuenca	Google Earth	Imagen	Gauss Krugger Argentina, Zona 5
Imagen alta resolución	Localidad Los Conquistadores	Google Earth.	Imagen	Gauss Krugger Argentina, Zona 5
Imagen alta resolución	Localidad de San Gustavo	Google Earth.	Imagen	Gauss Krugger Argentina, Zona 5
Imagen alta resolución	Zona Cuatro Bocas	Google Earth.	Imagen	Gauss Krugger Argentina, Zona 5
Imagen alta resolución	Localidad de El Cimarrón	Google Earth.	Imagen	Gauss Krugger Argentina, Zona 5
Imagen alta resolución	Localidad de Conscripto Bernardi	Google Earth.	Imagen	Gauss Krugger Argentina, Zona 5
Imagen alta resolución	Zona de Colonia Aviador	Google Earth.	Imagen	Gauss Krugger Argentina, Zona 5
Imágenes de 2007	De la zona sur de la	Google Earth	Imagen	Gauss Krugger Argentina,

	cuenca.			Zona 5
Rótulos	Pueblos, ciudades, rutas, caminos, arroyos, ríos, etc.	Dirección de Catastro de Entre Ríos	Gráficos	Según especificaciones de la Dirección de Catastro de la Provincia de Entre Ríos
Modelo Digital de Terreno (MDT)	Tamaño de celda: 79.59 unid. N° Cel.= 3.095.694	Misión SRTM de NASA	Raster	Mínimo Valor: 0 Máximo Valor: 88 Valor Medio: 25.47
Sombreado del relieve	Acimut 330 Altitud 20	NASA	Raster	valor
Altimetría		NASA	Raster	MSNM
Aspecto de pendientes	Orientación de pendientes	NASA	Raster	orientación
Dirección de flujo	Dirección del escurrimiento	NASA	Raster	valor
Acumulación de flujo	Concentración	NASA	Raster	valor
% de pendiente	Inclinación en %	NASA	Raster	valor
Curvas de nivel	Equidistancia 5 m.	NASA	línea	MSNM
Curvas de nivel	Equidistancia 10 m.	NASA	línea	MSNM
Red de drenaje	Red cursos de agua	NASA	línea	longitud de los cursos
Área de cuenca	Área de aporte	NASA	polígono	área y perímetro
Límite cuenca	Divisoria de aguas	NASA	línea	perímetro
Subcuencas	Subdivisiones	NASA	polígono	área y perímetro
Suelos cuenca	escala 1:1500000	Atlas INTA	polígono	Símbolo, orden suborden, etc.
Bosque nativo	categorías de FAO	Corina Romero	polígono	Area, clases
Zonas agro ecológicas		Dirección de Catastro	polígono	Características

Uso de la tierra	Escala 1: 1500000	INTA	poligono	Uso principal
Unidades morfológicas	Escala 1: 1500000	DHER	poligono	Descripción
Falla geológica	Mapa de recorrido	DHER	línea	longitud
Perfil geológico	Tres perfiles	DHER	poligono	Descripción
Form. Paraná.	Localización en sup.	DHER	poligono	Área
División política	Distritos	DHER	poligono	Área, datos censales
División política	Departamentos	DHER	poligono	Área, datos censales
Vías férreas	Recorrido	IGM	línea	longitud
Localidades	Dentro de la cuenca	IGM	línea	datos de población, área, etc.
Est. meteorológicas	De la cuenca	DHER	punto	Datos de mediciones
Ptos. acotados	Dentro de la cuenca	IGM	punto	altura
Ejidos munic.	Intersección	INDEC	poligono	Área, datos censales
Pozos prof.	Ubicación geográfica	Schimpf et al.	punto	análisis fisico-químicos
Localidades principales	Distritos censales, calles, e instituciones	DEC-INDEC censo 1991	poligono	Área, datos censales
Ciudad de Federal	Calles, caminos, hidrografía	Dirección de Catastro	línea	longitud
	Manzanero, arbolado, edificios	Dirección de Catastro	poligono	Área
Ciudad de La Paz	Calles, caminos, , hidrografía	Dirección de Catastro	línea	longitud
	Manzanero, arbolado, edificios	Dirección de Catastro	poligono	Área
Cultivo de Arroz	Campañas 2000/01, hasta 2007/08	FCA UNER Carñel et al.	poligono	superficies sembrada, riego, ubicación, productor, etc.
Estancia Santa María	Apotreramiento	FCA UNER Tesis Eclesia	poligono	superficie
Estancia El	Apotreramiento	FCA UNER	poligono	superficie

Quebracho				
Estancia El Carmen	Apotreramiento	FCA UNER	poligono	superficie
Estancia Banderitas	Apotreramiento	FCA UNER	poligono	superficie
Estancia Las Rosas	Apotreramiento	FCA UNER	poligono	superficie
Estancia La Lomada	Apotreramiento	FCA UNER	poligono	superficie
Represas riego de arroz	espejos de agua	FCA UNER tesis Patriarca	poligono	Base de datos múltiples
Cuencas represas riego de arroz	12 áreas de aporte para captación de agua superficial.	NASA	poligono	Áreas, perímetro
Volumen represas riego de arroz	relación área-altura ocupada por cada represa	NASA	poligono	Área, perímetro
Puentes de la cuenca.	ubicación	SIG250 IGM	punto	Estado, material, etc.
Subdivisión parcelaria	Parcelas catastrales Depto. Feliciano	DHER	poligono	Área
	Parcelas catastrales Depto. Federal	DHER	poligono	Área
	Parcelas catastrales Depto La Paz	DHER	poligono	Área
Espejos de agua naturales	Lagunas	DHER	poligono	Área, nombre, etc.
Espejos de agua artificiales	Represas, tajamares	DHER	poligono	Área, nombre, etc.
Afloramientos de yeso	En la cuenca	DHER	poligono	Área
Mapa geológico	Zonas geológicas	Dir. de Ciencia y Técnica	poligono	Área, materiales, etc.
Formaciones	Ubicación de los pozos	DHER	punto	Formación, profundidad, etc.

hidrogeológicas	para el estudio			
Áreas entre curvas de nivel	Determinación dentro de la cuenca	PICTO N° 30778	polígono	Área
Red vial	Principal y sec.	IGM	línea	Tipo, nombre, jurisdicción, etc.
Parcelas catastrales	De distritos políticos dentro de la cuenca	DHER	polígono	Área
Relevamiento de la cuenca	Recorridos realizados	PICTO N° 30778	línea	longitud
Puntos de muestreo	Puntos GPS	PICTO N° 30778	punto	ubicación geográfica, referencias, muestra, etc.
Cartas de suelos	Escala 1:20000 Deptos. de la cuenca	INTA Proyecto FAO/INTA	polígono	Área, nombre, orden suborden, gran grupo, subgrupo, etc.
Permeabilidad	Mapa hidrogeológico	Tujchneider y Fili 1986.	polígono	Permeabilidad
Prof. al techo acuífero	Puntos en las localidades	Tujchneider y Fili 1986.	punto	Profundidad
Caracterización agua subterránea	En toda la cuenca	Tujchneider y Fili 1986	punto	Tipo de agua
Límite form. Ituzaingó y Salto Chico.	Límite inferido	Tujchneider y Fili 1986	polígono	Áreas
Poblados	Pueblos, parajes, estancias, etc.	SIG250 IGM	punto	Nombre, tipo, etc.
Área de influencia	15 km alrededor de la cuenca	SIG250 IGM	punto	Nombre, tipo, etc.
Límite provincial	límite político	SIG250 IGM	línea	longitud
Bañados		INA	polígono	Área
Cursos Permanentes		INA	línea	Longitud, tipo, nombre, etc.

Cursos Transitorios		INA	línea	Longitud, tipo, nombre, etc.
Estaciones de Aforo		INA	punto	Datos estadísticos
Evaporación		INA	línea	valor
Isotermas		INA	línea	valor
Isohietas		INA	línea	valor
pH del agua subterránea	Valores de la cuenca	PICTN° 30778	Raster	Valor
Carbonato de Sodio Residual	Valores de la cuenca	PICTO N° 30778	Raster	Valor
Cond. eléctrica	Valores de la cuenca	PICTO N° 30778	Raster	Valor
Porcentaje Sodio Soluble	Valores de la cuenca	PICTO N° 30778	Raster	Valor
Rel. Adsorción Sodio	Valores de la cuenca	PICTO N° 30778	Raster	Valor
RAS ajustado	Valores de la cuenca	PICTO N° 30778	Raster	Valor
Relación Cl_Bicarbonato	Valores de la cuenca	PICTO N° 30778	Raster	Valor
Relación Mg_Ca	Valores de la cuenca	PICTO N° 30778	Raster	Valor
Alcalinidad	Valores de la cuenca	PICTO N° 30778	Raster	Valor
Arsénico	Valores de la cuenca	PICTO N° 30778	Raster	Valor
Bicarbonatos	Valores de la cuenca	PICTO N° 30778	Raster	Valor
Calcio	Valores de la cuenca	PICTO N° 30778	Raster	Valor

Carbonatos	Valores de la cuenca	PICTO N° 30778	Raster	Valor
Dureza	Valores de la cuenca	PICTO N° 30778	Raster	Valor
Fluoruros	Valores de la cuenca	PICTO N° 30778	Raster	Valor
Hierro	Valores de la cuenca	PICTO N° 30778	Raster	Valor
Magnesio	Valores de la cuenca	PICTO N° 30778	Raster	Valor
Nitratos	Valores de la cuenca	PICTO N° 30778	Raster	Valor
Nitritos	Valores de la cuenca	PICTO N° 30778	Raster	Valor
Solidos Disueltos Total	Valores de la cuenca	PICTO N° 30778	Raster	Valor
Niveles Piezométricos	Capa Vulnerabilidad Método GOD	DHER	Raster	MSNM
Profundidad del techo del acuífero	Capa para Vulnerabilidad Método GOD	PICTO N° 30778	Raster	Índice
Tipo de acuífero	Capa para Vulnerabilidad GOD	PICTO N° 30778	Raster	Índice
Tipo de acuitardo	Capa para Vulnerabilidad GOD	PICTO N° 30778	Raster	Índice
Vulnerabilidad Contaminación del Acuífero	Resultado Método GOD	PICTO N° 30778	Raster	Índice
Techo de la Formación Serra Geral	Isolíneas	PICTO N° 30778	línea	MSNM
Avance de la frontera agrícola	entre 2003 y 2006	Ing. Agr. E. Corina	poligono	Área

		Romero		
Ubicación en Acuíf. Guaraní		PICTO N° 30778	polígono	Área
Áreas Nat. Protegidas	En el ámbito de la cuenca	PICTO N° 30778	polígono	Área, nombre, perímetro, etc.
Perfil del Cauce	Con datos del MDT	PICTO N° 30778	gráfico	MSNM
Densidad de Población 2001	por Departamento	INDEC	polígono	Datos censales
Densidad de Población 2001	por Distrito	INDEC	polígono	Datos censales
Distribución de pluviómetros	Polígonos de Thiessen	DHER	polígono	Nombre, localidad, datos pluviométricos
Profundidad del techo del acuífero	Capa para estimar Vulnerabilidad Método DRASTIC	PICTO N° 30778	Raster	MSNM
Profundidad del techo del acuífero	Reclasificación DRASTIC capa D	PICTO N° 30778	Raster	Valor DRASTIC
Recarga del acuífero	Capa R - Método DRASTIC	PICTO N° 30778	Raster	Valor DRASTIC
Medio del acuífero	Capa A - Método DRASTIC	PICTO N° 30778	Raster	Valor DRASTIC
Suelo	Capa S - Método DRASTIC	PICTO N° 30778	Raster	Valor DRASTIC
Topografía	Capa T - Método DRASTIC	PICTO N° 30778	Raster	Valor DRASTIC
Zona vadosa	Capa I - Método DRASTIC	PICTO N° 30778	Raster	Valor DRASTIC
Conductividad	Capa C - Método DRASTIC	PICTO N° 30778	Raster	Valor DRASTIC
Vulnerabilidad	Resultado Método	PICTO N°	Raster	Valor DRASTIC

General	DRASTIC	30778		
Vulnerabilidad a Pesticidas	Resultado Método DRASTIC	PICTO N° 30778	Raster	Valor DRASTIC
Zonas vacunación	Zonas de la cuenca	FUCOFA	poligono	N° de vacunos, categorías, etc.
Vacunos por Distritos	Distritos de la cuenca	FUCOFA	poligono	N° de vacunos, categorías, etc.

En las Figuras V.1 aV.15, se presentan distintas coberturas de la cuenca que posibilitan la interrelación temática, como el Modelo Digital de Terreno e Hidrografía, la Altimetría e Hidrografía, aspecto y porcentaje de pendientes, suelos, localidades, red vial, unidades morfológicas, muestras de aguas y suelo, entre otras, las cuales son algunas de las que conforman el Sistema de Información Geográfica de la Cuenca del Arroyo Feliciano.

En la Tabla V.2 se muestra un ejemplo, de la información directa y relacional obtenida por el Sistema de Información Geográfica con los datos de la Cuenca

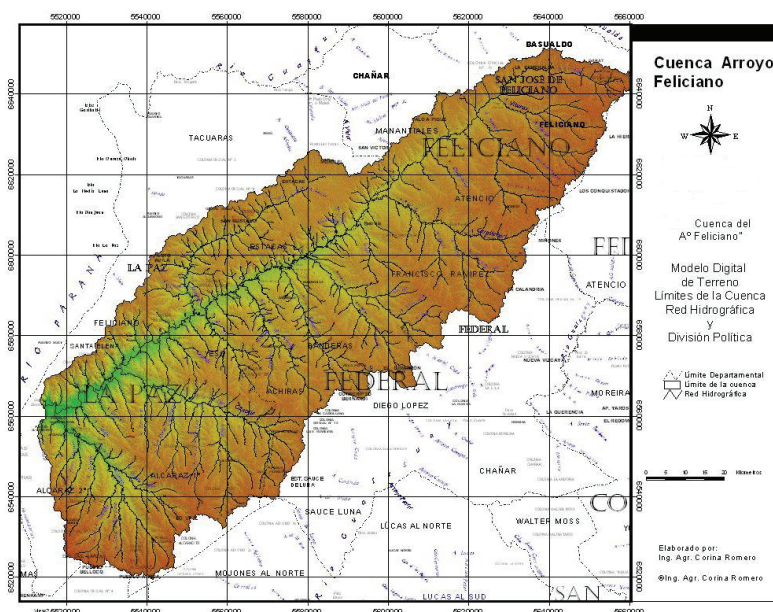


Figura V.1. Modelo Digital de Terreno e Hidrografía. Fuente: Elaboración propia.

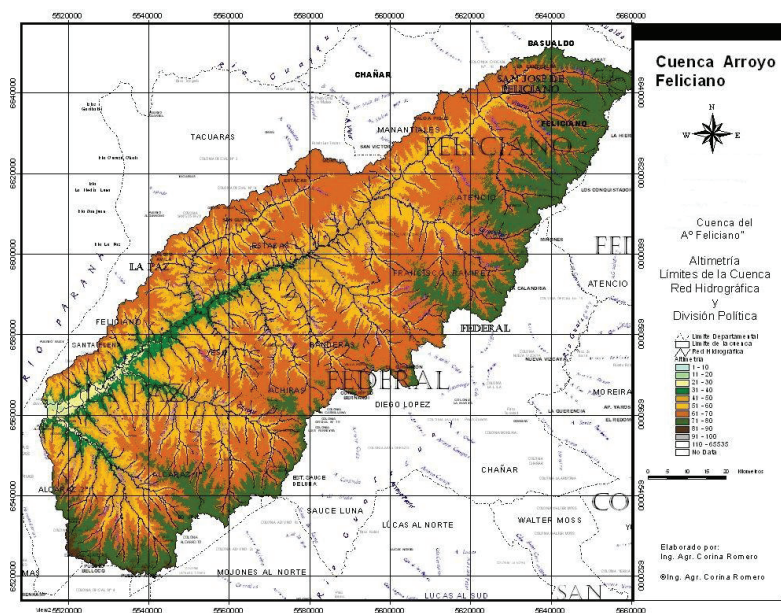


Figura V.2. Altimetría e Hidrografía. Fuente:Elaboración propia.

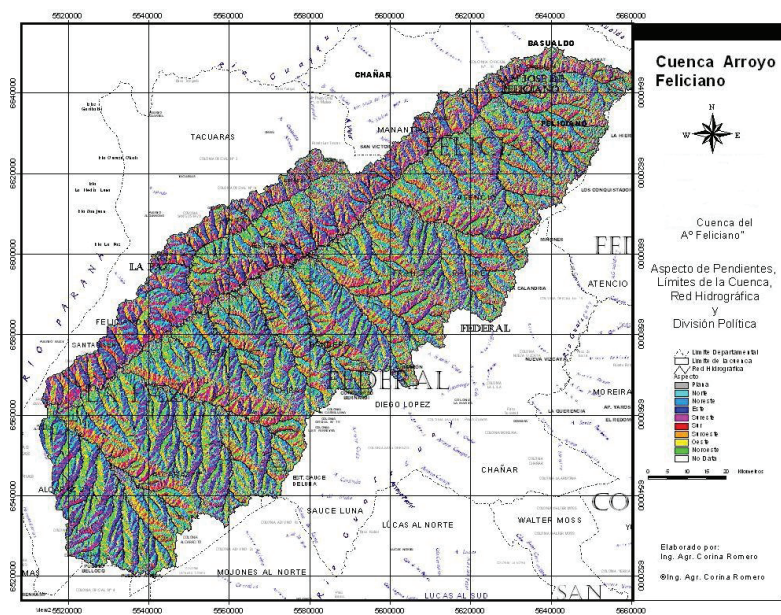


Figura V.3. Aspecto de pendientes. Fuente: Elaboración propia.

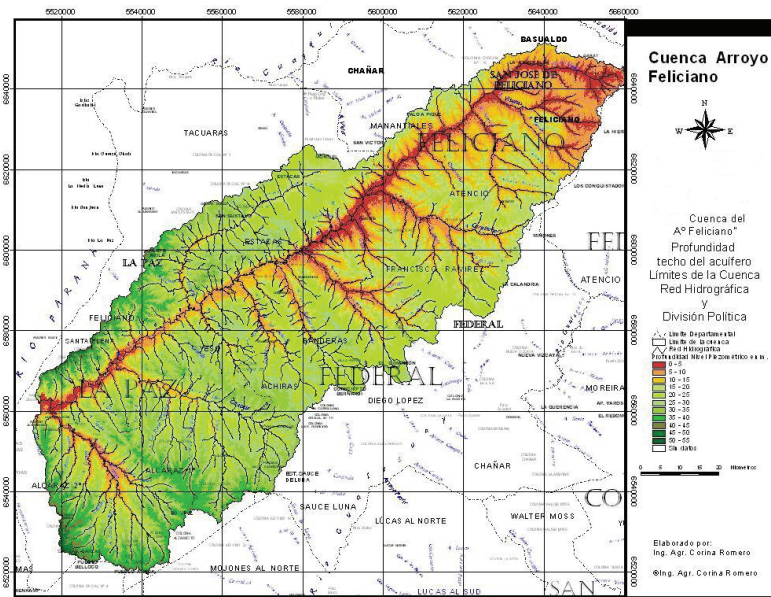


Figura V.6. Profundidad Acuífero. Fuente: Elaboración propia.

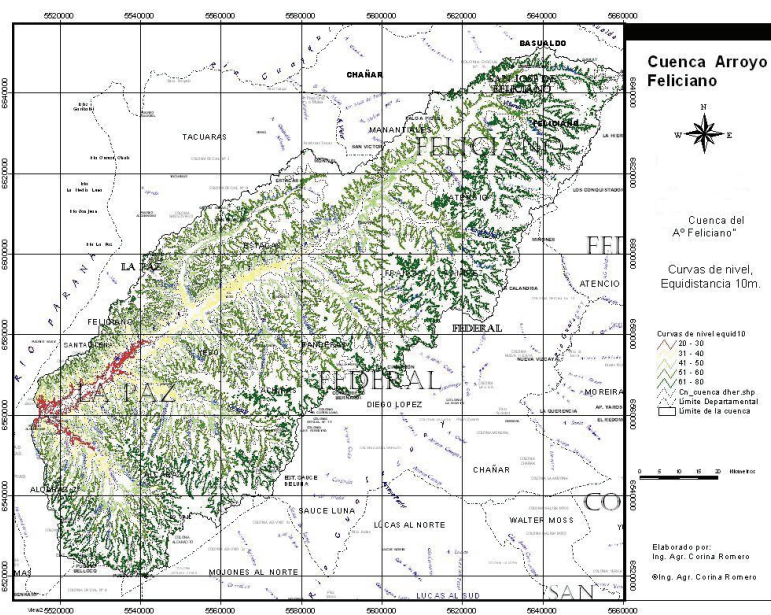


Figura V.7. Curvas de nivel. Fuente: Elaboración propia.

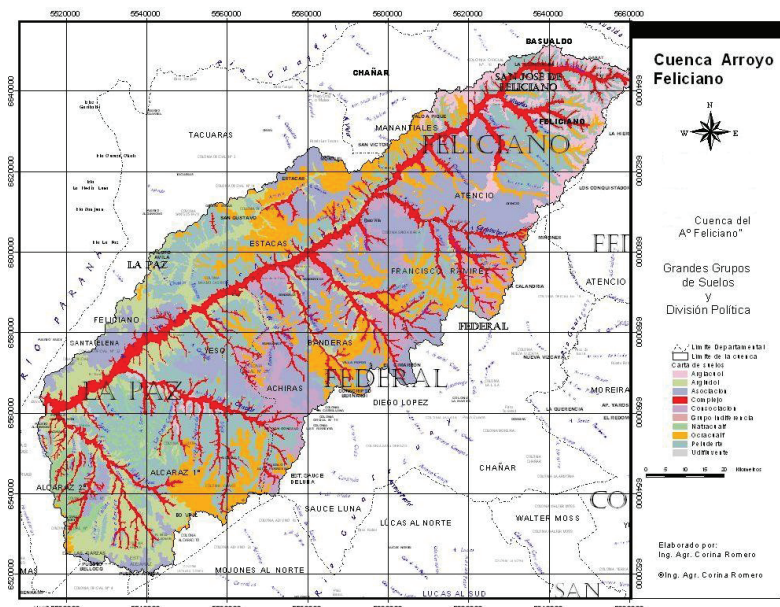


Figura V.8. Suelos. Fuente: Elaboración propia.

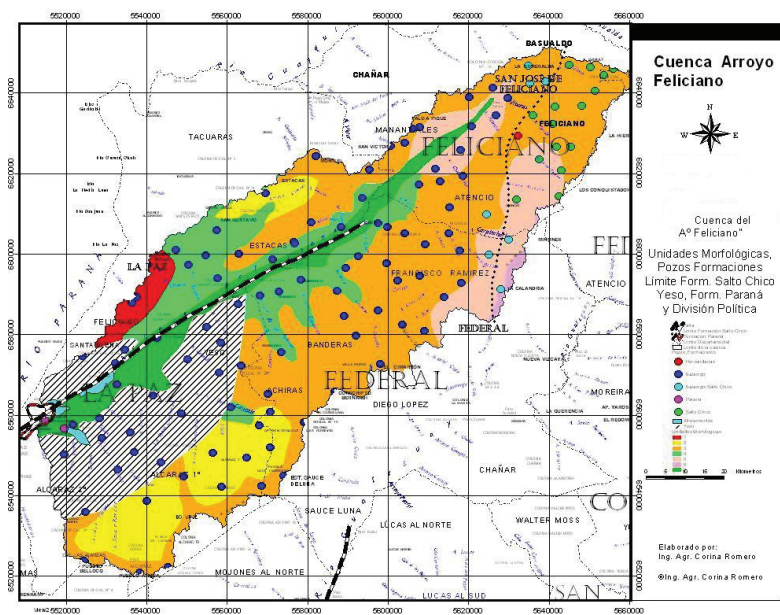


Figura V.9. Unidades Morfológicas. Fuente: Elaboración propia.

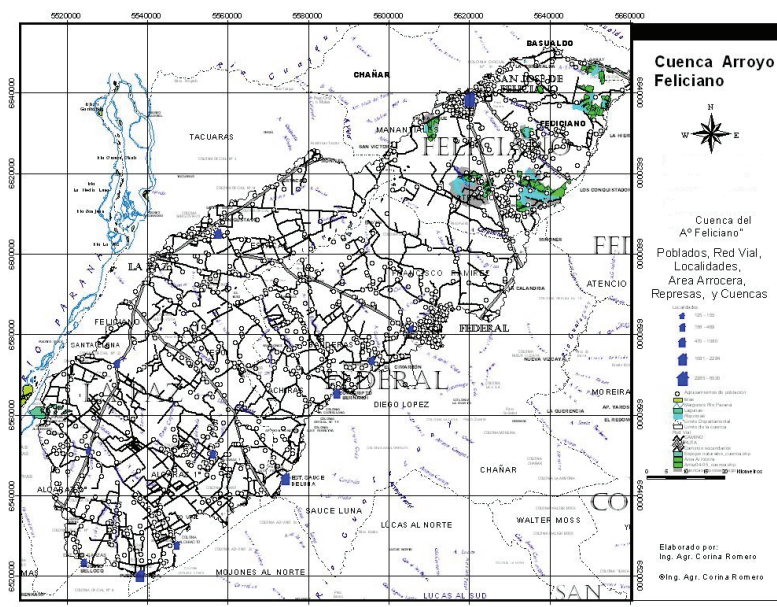


Figura V.10. Localidades y Red vial. Fuente: Elaboración propia.

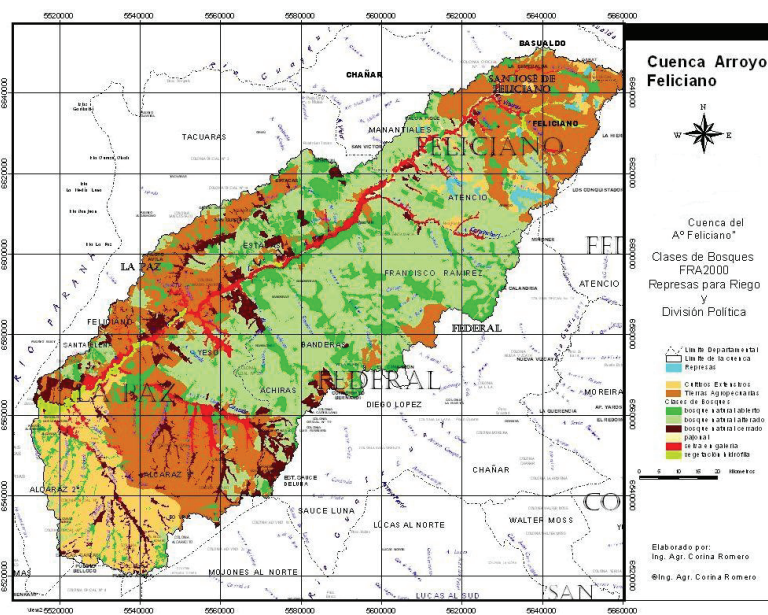


Figura V.11. Clasificación de Bosque Nativo. Fuente: Elaboración propia.

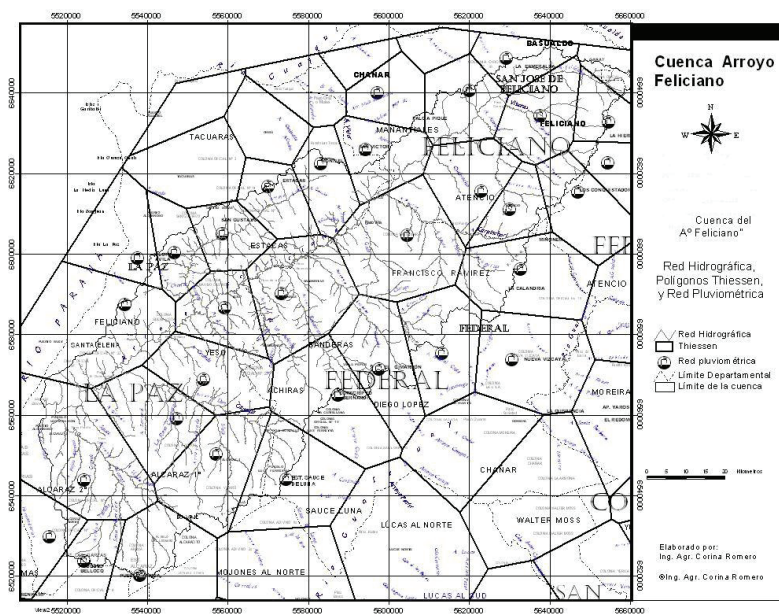


Figura V.12. Red Pluviométrica. Fuente: Elaboración propia.

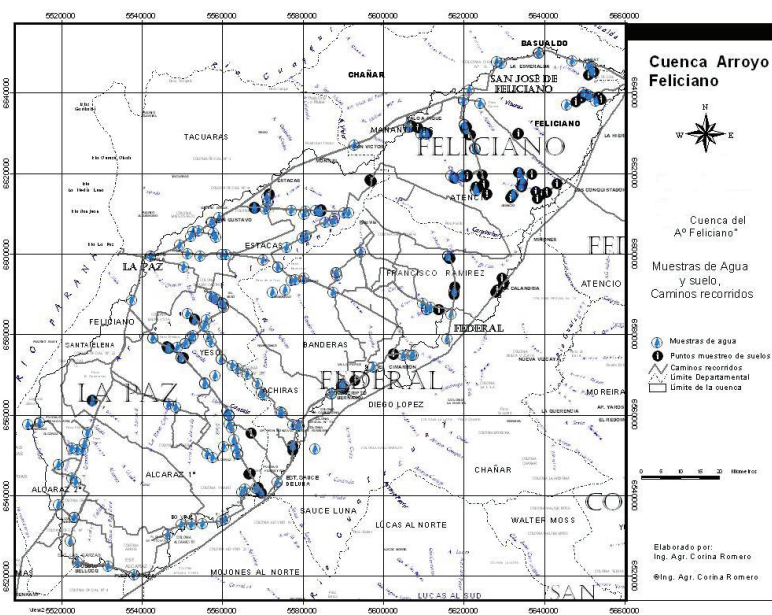


Figura V.13. Muestras de agua y suelo año 2008. Fuente: Elaboración propia.

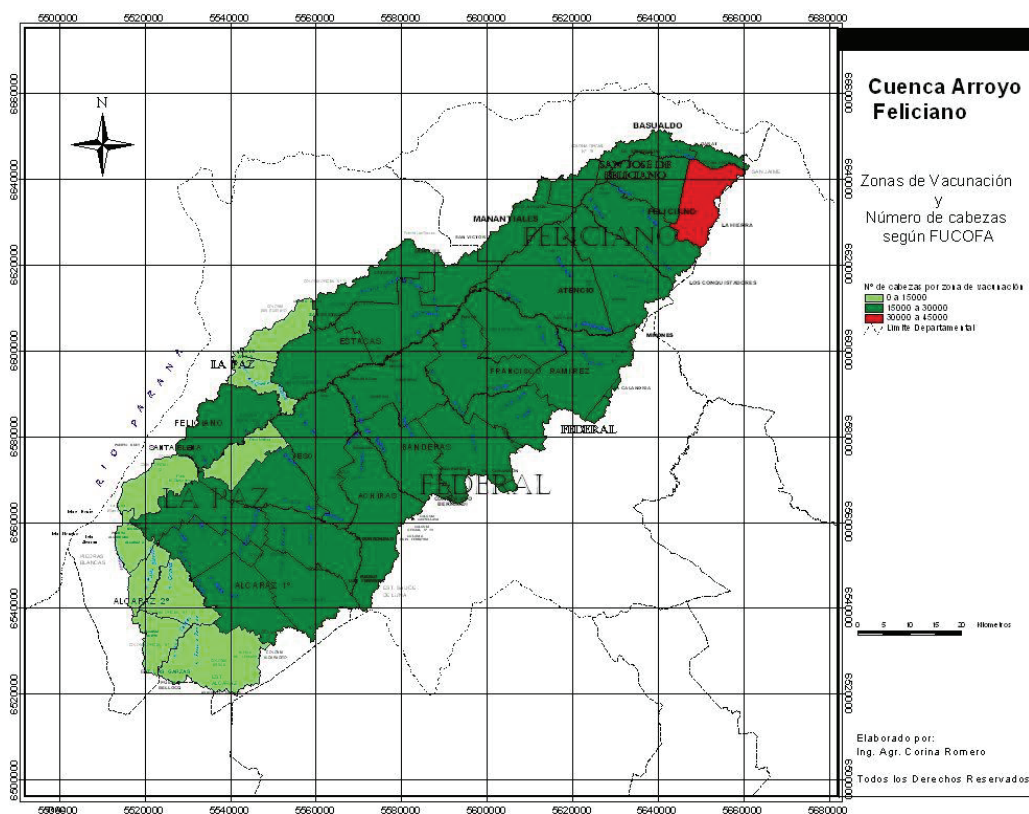


Figura V.14. Zonas vacunación y N° de cabezas. Fuente: Elaboración propia.

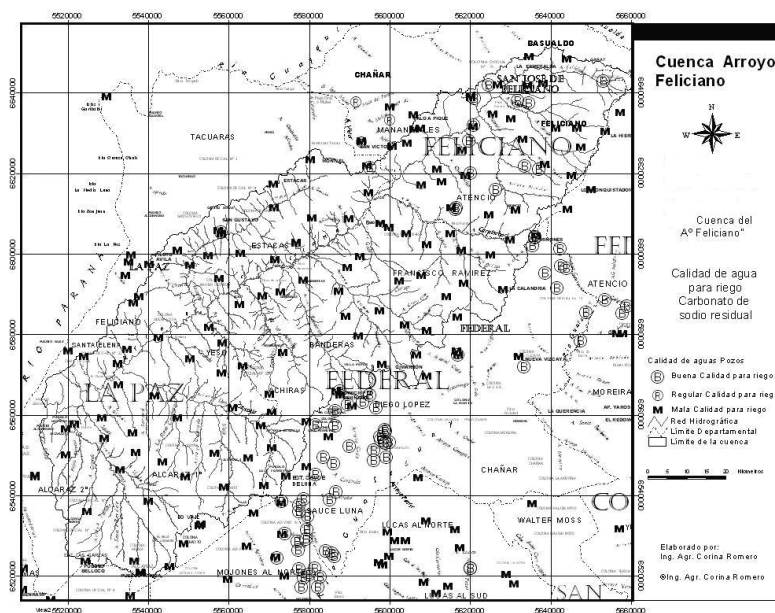


Figura V.15. Calidad de agua para riego. Fuente: Elaboración propia.

Tabla V.2. Algunos datos obtenidos mediante la aplicación del SIG.

DESCRIPCIÓN	DATO
Número de microcuencas	931
Número de cursos de agua	888
Longitud total de Cursos de agua	3103.054 km
Densidad de Avenamiento	37.8 Km./km ²
Superficie de la Cuenca en km ²	8199,4 km ²
Superficie de la Cuenca en ha	819940,5 ha
Perímetro de la Cuenca	620115.304 m
Superficie total de la Cuenca	8199405351.611 m ²
Estaciones Meteorológicas	55
Localidades	12

En la Tabla V.3, pueden apreciarse otros detalles de las coberturas presentadas en el SIG.

Estas coberturas adicionales al SIG, corresponden a los resultados obtenidos de las aguas subterráneas y superficiales de la Cuenca del Arroyo Feliciano (Tabla V.4).

Tabla V.3. Detalle de las coberturas, descripción, elemento presentadas en el SIG.

COBERTURA	DESCRIPCIÓN	ELEMENTO	ATRIBUTOS
SubCuencas	Subcuencas Hidrograf.	Polígono	Nombre-Superf.-Num.
Arroyos	Arroyos	Poligonal	Nombre-Long.-Num.
Red Pluviométrica	Red Pluviométrica	Punto	Nombre-Coord.-código
Vertientes	Río Paraná – Uruguay	Polígono	Nombre-Superf.-Cantid
Zonas Ecológicas	Zonas Eco cuenca	Polígono	Nombre-Superf.-Num.
Uso de la Tierra	Uso de la Tierra	Polígono	Nombre-cobertura
Fallas	Fallas	Líneas	Nombre-extensión
Lagunas	Lagunas	Polígono	Nombre-Superf.-Num.
Cotas IGM	Cotas IGM cuenca	Puntos	Nombre-altura snm
Puntos de altitud	Puntos de altitud	Puntos	Coord-Altura snm
Curvas de Nivel	Curvas de Nivel	Líneas	Altura SNM
Isotermas	Isotermas	Polígono	Tipo-Superf.-Num.
Isohietas	Isohietas	Polígono	Tipo-Superf.-Num.
Departamentos	Departamentos	Polígono	Nombre-Superf.-Num.
Distritos	Distritos	Polígono	Nombre-Superf.-Num.
Limite Provincial	Limite Provincial	Polígono	Nombre-Superficie
Puntos Extremos	Norte-Sur-Este-Oeste	Punto	Coordenadas-Provincia
Rutas Nacionales	Red Caminera Nacional	Poligonal	Nombre-Long.-Num.
Rutas Provinciales	Red Caminera Provinc.	Poligonal	Nombre-Long.-Num.
Ferrocarriles	Red Ferroviaria	Poligonal	Nombre-Long.-Trocha
Localidades	Localidades	Punto	Nom.-Coord.-Poblac.
Pueblos y Parajes	Pueblos y Parajes	Punto	Nom.-Coord.-Poblac.
Puntos Acotados	Puntos Acotados	Punto	Nombre.-Coordenada
Riego	Riego arroz cuenca	Polígono	Tipo-Superficie-año
Espejos de agua artif.	Represas cuenca	Polígono	Nombre- Superficie-
Espejos de agua nat.	Espejos naturales	Polígono	Nombre- Superficie
Puentes	Puentes cuenca	Punto	Nombre-estado
División Parcelaria	Parcelas catastrales	Polígono	Superficie-epartament
Unidades Morfológicas	Unidades Morfológicas	Polígono	Características-nombre
Geología	Mapa Geológico	Polígono	Características-nombre
Formaciones Hidrogeológicas	Formaciones Hidrogeológicas	Polígono	Características-nombre
Áreas entre curvas de nivel	Áreas entre CN	Polígono	Altura SNM-superficie
Carta de Suelos	Carta de Suelos	Polígono	Orden-Suborden-serie
Permeabilidad	Permeabilidad	Polígono	Superficie
Características de agua	Agua por localidad	Punto	Localidad-tipo-caract.
Ocupación	Ocupación	Polígono	Clase-superficie-año
Clases de Bosque	Clases de bosque	Polígono	Clase_superficie-Sps.

Tabla V.4 Coberturas adicionadas al SIG.

Para Aguas SUBTERRANEAS: COBERTURA	DESCRIPCIÓN	ELEMENTO	ATRIBUTOS
Distribución de las muestras subterráneas en la cuenca	Distribución geográfica de muestras de aguas subterráneas de la cuenca	Punto	latitud, longitud
pH	Distribución en la cuenca según valores observados en el muestreo	Raster	valores de pH obtenidos en laboratorio
Conductividad Eléctrica	Distribución en la cuenca según valores observados en el muestreo	Raster	valores de CE obtenidos en laboratorio
RAS aj.	Distribución en la cuenca según valores observados en el muestreo	Raster	valores de RAS ajus. obtenidos en laboratorio
CSR	Distribución en la cuenca según valores observados en el muestreo	Raster	valores de CSR obtenidos en laboratorio
PSS	Distribución en la cuenca según valores observados en el muestreo	Raster	valores de PSS obtenidos en laboratorio
Bicarbonatos	Distribución en la cuenca según valores observados en el muestreo	Raster	valores de Bicarbonatos obtenidos en laboratorio
Cloruros	Distribución en la cuenca según valores observados en el muestreo	Raster	valores de Cloruros obtenidos en laboratorio
Relación Calcio-Magnesio	Distribución en la cuenca según valores observados en el muestreo	Raster	valores de Rel. Ca-Mg obtenidos en laboratorio
Nitratos	Distribución en la cuenca según valores observados en el muestreo	Raster	valores de Nitratos obtenidos en laboratorio
Aptitud para riego	Distribución geográfica de muestras de aguas subterráneas de la cuenca según su aptitud para riego	Punto	latitud, longitud, aptitud
Aptitud para consumo animal	Distribución geográfica de muestras de aguas subterráneas de la cuenca según su aptitud para consumo animal	Punto	latitud, longitud, aptitud
Aptitud para consumo humano	Distribución geográfica de muestras de aguas subterráneas de la cuenca según su aptitud físicoquímica para consumo humano	Punto	latitud, longitud, aptitud

Tabla V.4. Coberturas adicionales al SIG (Continuación).

COBERTURA		DESCRIPCIÓN	ELEMENTO	ATRIBUTOS
Distribución de las <u>muestras superficiales</u> en la cuenca	<u>pH</u>	Distribución geográfica de muestras de aguas superficiales de la cuenca	Punto	latitud, longitud
		Distribución en la cuenca según valores observados en el muestreo	Raster	valores de pH obtenidos en laboratorio
	Conductividad Eléctrica	Distribución en la cuenca según valores observados en el muestreo	Raster	valores de CE obtenidos en laboratorio
	RAS aj.	Distribución en la cuenca según valores observados en el muestreo	Raster	valores de RAS ajus. obtenidos en laboratorio
	CSR	Distribución en la cuenca según valores observados en el muestreo	Raster	valores de CSR obtenidos en laboratorio
	PSS	Distribución en la cuenca según valores observados en el muestreo	Raster	valores de PSS obtenidos en laboratorio
	Bicarbonatos	Distribución en la cuenca según valores observados en el muestreo	Raster	valores de Bicarbonatos obtenidos en laboratorio
	Cloruros	Distribución en la cuenca según valores observados en el muestreo	Raster	valores de Cloruros obtenidos en laboratorio
	Relación Calcio-Magnesio	Distribución en la cuenca según valores observados en el muestreo	Raster	valores de Rel. Ca-Mg obtenidos en laboratorio
	Nitratos	Distribución en la cuenca según valores observados en el muestreo	Raster	valores de Nitratos obtenidos en laboratorio
	Aptitud para riego	Distribución geográfica de muestras de aguas superficiales de la cuenca según su aptitud para riego	Punto	latitud, longitud, aptitud
	Aptitud para consumo animal	Distribución geográfica de muestras de aguas superficiales de la cuenca según su aptitud para consumo animal	Punto	latitud, longitud, aptitud

V.2 Evaluación de los Recursos Hídricos

V.2.1 Caracterización Hidroclimática

Se realizó un análisis de la información disponible de la Estación Meteorológica Feliciano. Los datos se procesaron tomando en cuenta los registros obtenidos desde el año 1986 al 2005, inclusive, en la mencionada estación (Tito et al., 2009).

Temperaturas

Respecto a la temperatura media, se determinó que el mes más cálido es Enero, seguido de Diciembre y Febrero respectivamente (Figura V.16). El mes más frío es Julio, luego los meses de Junio y Agosto. En la Tabla V.5 se pueden apreciar las temperaturas promedios mensuales, en donde, la media del mes más frío, corresponde a Julio, con un valor de 12,8 °C. Analizando estos valores, la temperatura media del mes más frío coincide con lo ya estudiado para la provincia, en cambio la temperatura media de Enero es levemente inferior a la registrada por Rojas y Saluso (1987). Con respecto a la amplitud térmica anual es de 12,7 °C y la temperatura media anual es de 18,9 °C. Ésta última es inferior a la estimada anteriormente, que fue por encima de los 19 °C.

Humedad Relativa

En relación a la humedad relativa promedio mensual se detalla en la Tabla V.6 y en la Figura V.17, donde se puede observar que el mes más húmedo corresponde a Junio, seguido de Abril y Mayo. La humedad relativa media diaria anual es del 80 %.

Precipitación

La precipitación media mensual, el valor máximo de precipitación corresponde al mes de Abril, seguido de Marzo y Diciembre (Figura V.18). La precipitación media anual es de 1.375 mm. La precipitación promedio mensual se describe en la Tabla V.7. Estos registros son levemente superiores a los registrados anteriormente.

La evapotranspiración media mensual se describe en la Tabla V.8. En la Figura V.19, se comparan estos valores con los de la precipitación media mensual.

Tabla V.5. Temperatura promedio mensual Est. Met. Feliciano.

TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL (° C)											
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
25,5	24,2	22,8	19,0	15,1	13,3	12,8	14,9	16,5	19,4	19,4	24,1

Tabla V.6. Porcentaje de humedad relativa promedio mensual Est. Met. Feliciano.

HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO (%)											
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
76,2	78,9	81,1	84,6	83,9	84,7	81,4	78,3	76,8	79,0	77,2	77,1

Tabla V.7. Precipitación promedio mensual Est. Met. Feliciano.

PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL (mm)											
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
166,6	105,1	177,5	202,3	75,6	63,1	37,3	45,3	65,2	132,9	128,5	170,4

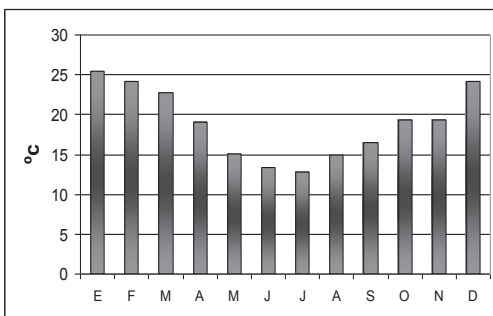


Figura V.16. Temperatura promedio mensual (°C), Est. Met. Feliciano.

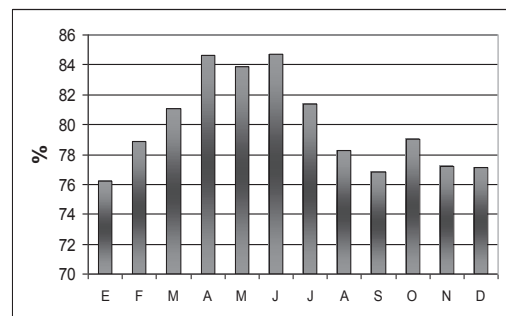


Figura V.17. Porcentaje de humedad relativa promedio mensual (%), Est. Met. Feliciano.

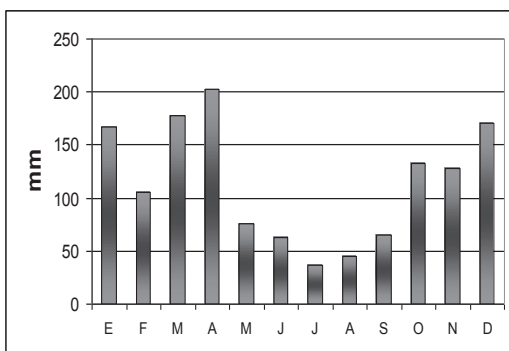


Figura V.18. Lluvia promedio mensual (mm), Est. Met. Feliciano.

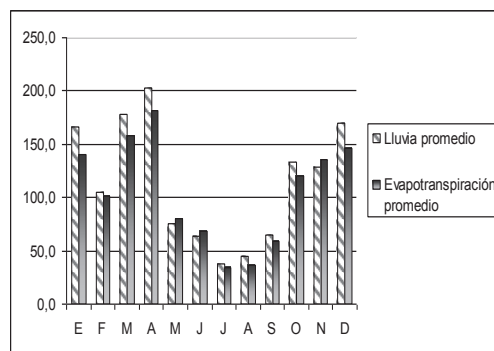


Figura V.19. Precipitación promedio y evapotranspiración promedio mensual (mm), Est. Met. Feliciano.

Tabla V.8. Evapotranspiración mensual promedio, Est. Met. Feliciano.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
135,7	98,0	161,9	168,1	70,8	68,4	33,0	37,1	62,4	98,8	128,7	138,7

De los registros de vientos se concluye que los meses que registran mayor velocidad en el viento son Septiembre, Octubre y Agosto (Figura V.20).

La velocidad promedio mensual del viento se describe en la Tabla V.9. Con respecto a las direcciones, la Tabla V.10, presenta las direcciones de vientos con valores de frecuencia relativa porcentual. Allí puede observarse que el mes con mayor frecuencia de días de calma es el mes de Mayo, seguido de Junio, Abril y Febrero. Del análisis de la dirección de los vientos se observa que: en otoño predominan los vientos con dirección Sur, seguidos de los de dirección Este. Esta tendencia se mantiene en invierno, con una disminución en la frecuencia de vientos de dirección Este. En primavera, se mantienen las condiciones anteriores, con un aumento en la frecuencia de las direcciones Este y Sureste. En verano predominan los vientos del Este, seguido por los de dirección Sur y Sureste. Se puede observar que durante todo el año son muy poco frecuentes los vientos con dirección Oeste.

Tabla V.9. Velocidad promedio del viento (km/h), Est. Met. Feliciano.

VELOCIDAD PROMEDIO DEL VIENTO (km/h)											
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
5,6	5,6	5,1	5,4	5,1	6,8	6,6	7,2	7,8	7,3	6,6	5,9

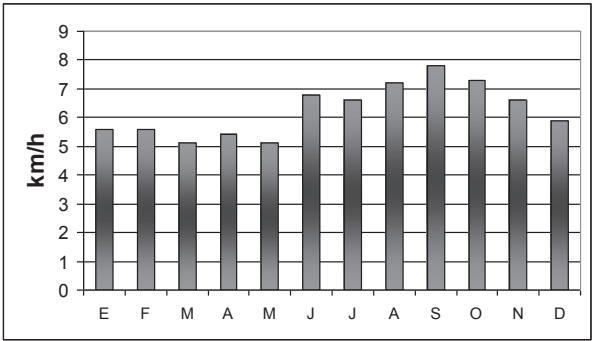


Figura V.20. Velocidad promedio del viento (km/h), Est. Met. Feliciano.

Tabla V.10. Tabla de frecuencias relativas porcentual direcci3n del viento, Est. Met. Feliciano.

DIRECCIONES DE LOS VIENTOS									
	Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Noroeste	Calma
Enero	11	11	25	21	18	6	3	1	4
Febrero	12	8	27	16	23	3	4	1	5
Marzo	11	7	28	17	26	5	3	0	4
Abril	12	7	27	14	27	6	2	1	5
Mayo	11	15	16	13	28	6	3	1	8
Junio	13	14	16	13	26	6	3	2	6
Julio	14	15	16	11	28	7	4	1	4
Agosto	8	15	18	14	34	6	2	1	2
Septiembre	7	14	25	19	27	6	1	0	2
Octubre	6	13	26	22	23	5	2	0	2
Noviembre	9	15	24	19	23	5	3	0	2
Diciembre	7	10	27	19	25	6	2	1	2

V.2.1.1 Clasificación Climática

En la clasificación de Köppen, como la temperatura del mes más frío es menor de 18° C y superior a -3° C y al menos un mes la temperatura media es superior a 10°C, corresponde a un clima de tipo C: templados y húmedos. Respecto a la humedad relativa, la clasificación es de tipo f: corresponde a un clima húmedo sin estación seca. Como la temperatura del mes más cálido supera los 22 °C esto corresponde a la subdivisión a.

Según la clasificación de Köppen el clima se puede clasificar Cfa: clima templado y húmedo sin estación seca.

V.2.1.2 El índice de Lang se obtuvo mediante:

$$I_L = \frac{1375}{18,9} \Rightarrow I_L = 72,75$$

como $60 \leq I_L < 100$ corresponde a *zona húmeda de bosques ralos*.

V.2.1.3 El índice de Martonne se calculó con:

$$I_M = \frac{1375}{18,9+10} \Rightarrow I_M = 47,57$$

como $I_M \geq 40$ corresponde a *zona húmeda a muy húmeda*.

V.2.1.4 El Índice de Dantin Cereceda y Revenga se obtuvo según:

$$I_{DR} = \frac{100.18,9}{1375} \Rightarrow I_{DR} = 1,37$$

como $I_{DR} < 2$ corresponde a *zona húmeda a subhúmeda*.

V.2.1.5 Índice UNESCO-FAO, establece el siguiente criterio, como la temperatura media del mes más frío se encuentra entre 10° C y 15° C, la caracterización corresponde a clima templado cálido.

Se debe aclarar, que si bien estos resultados se obtuvieron para la estación Feliciano, por la extensión que posee la cuenca del Arroyo Feliciano, la clasificación climática se puede extender al resto de misma.

V.2.2 Análisis de las Precipitaciones Promedio

Con el propósito de calcular la precipitación media mensual para la cuenca y cada una de las subcuencas, en primera instancia se relevó el estado de las estaciones pluviométricas pertenecientes a la cuenca y vecinas a ésta. La cantidad de estaciones analizadas fueron 26. El período analizado fue de 1975 a 2006. Se realizaron análisis de regresión para lluvias mensuales de estaciones vecinas. Entre las estaciones que obtuvieron coeficiente de correlación superior a 0,75 se completaron los meses faltantes. Se obtuvieron, de esta manera, 11 estaciones completas, para el período 1980–2005. La ubicación de estas estaciones se muestra en la Figura V.21.

La determinación de la precipitación media mensual para la cuenca, se realizó con los polígonos de Thiessen. Se obtuvo la serie de precipitaciones medias mensuales (en mm). En la Tabla V.11 se presenta el cuadro de estadísticas de lluvias medias mensuales (mm). La cuenca se dividió en 18 subcuencas. La Tabla V.12 describe, para cada subcuenca, los afluentes principales. En la Figura V.22 se puede observar la división en subcuencas y la red hidrográfica de la cuenca con los afluentes principales.

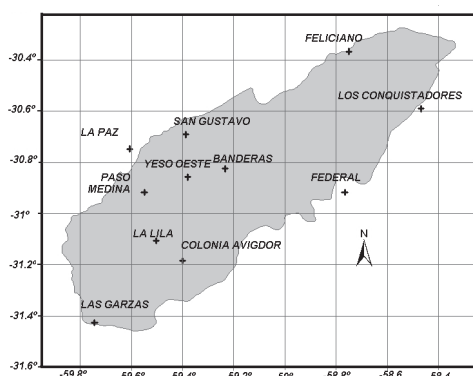


Figura V.21. Ubicación de las estaciones cuenca Feliciano

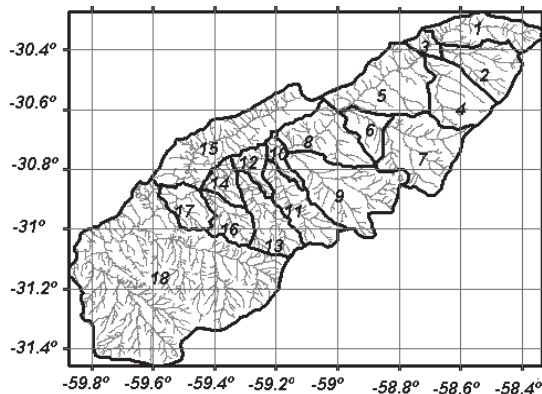


Figura V.22. Subcuencas y principales afluentes

Tabla V.11. Cuadro estadísticas lluvias medias mensuales (mm).

CUADRO DE ESTADÍSTICAS													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total anual
Media	130	125	149	170	89	58	39	41	65	112	112	122	1228
Error típico	20	18	14	17	12	10	6	5	9	14	14	14	49
Mediana	103	105	129	150	79	33	30	39	48	94	94	116	1238
Desviación estándar	103	92	71	86	61	53	28	25	46	71	71	69	249
Curtosis	3,6	3,5	-0,1	-0,3	-0,9	-0,1	1,6	0,0	-0,1	2,5	2,5	0,6	-0,8
Coefficiente de asimetría	1,8	1,6	0,9	0,5	0,5	1,1	1,3	0,4	0,9	1,4	1,4	0,9	0,0
Rango	410	414	246	333	190	172	115	94	161	308	308	264	902
Mínimo	24	13	57	29	8	1	2	1	6	27	27	30	812
Máximo	434	427	302	363	198	174	117	95	167	335	335	294	1714

Tabla V.12. Descripción de las subcuencas y afluentes.

SUBCUENCA	AFLUENTES
1	Feliciano (nacientes)
2	Vívora, Sordo
3	Feliciano
4	Atencio, Tases
5	Quebracho
6	Puerto
7	Sauce, Carpinchorí, Tunas, Maciegas
8	Gato o Francisco Vega
9	Estacas, Vizcachas, Curupí
10	Banderitas
11	Banderas
12	Del Lego
13	De las Achiras
14	Del Ceibo
15	Estacas
16	Yeso
17	Grande
18	Don Gonzalo, Colorado, Molle, La Rosa, Palmitas, Sarandí, Grande, Sauce, Alcaraz, Carrasco, Talitas, Del Puerto, Pajas Blancas

Se obtuvieron las series de precipitaciones medias mensuales para cada subcuenca. Éstas se presentan en la Tabla V.13. Se observa que los valores obtenidos para la precipitación media anual por subcuenca crecen levemente de suroeste a noreste.

V.2.3 Caracterización de precipitaciones máximas

En este punto se desarrolla un modelo para la estimación de la frecuencia de las precipitaciones máximas, basado en el método de análisis regional del Índice de Creciente. Se verifica que la Provincia de Entre Ríos puede ser considerada, desde el punto de vista de las precipitaciones máximas, como una región homogénea, y que de acuerdo con los test de bondad de ajuste puede ser descrita por la función de distribución General de Valores Extremos (GEV). El método propuesto puede ser útil en la estimación de valores extremos de las precipitaciones, tanto si se dispone de datos locales como si se carece de ellos (Zamanillo et al., 2009).

La estimación de las intensidades en sitios que carecen de información pluviográfica usualmente se realiza utilizando diferentes algoritmos de desagregación temporal de la precipitación máxima diaria. En este caso se empleó la metodología recomendada por el Manual de Tormentas de Diseño para la Provincia de Entre Ríos (Zamanillo et al., 2008).

Se procede a la desagregación temporal de la precipitación máxima diaria, para determinar las láminas correspondientes a duraciones menores de 24 horas, y sus correspondientes intensidades de precipitación, sobre las que es posible ajustar una ecuación Sherman de cuatro parámetros, que caracteriza la relación I-D-T (IDF= Intensidad-Duración-Frecuencia) del emplazamiento analizado. Una vez definidas las ecuaciones I-D-T para estas localidades se examinó la variación espacial de las intensidades de precipitación en el área de la cuenca. Como resultados se presentan los mapas de isohyetas de intensidades máximas para duraciones de tormenta de 60 minutos y períodos de retorno iguales a 5, 10, 20 y 50 años.

Se utilizaron los patrones de distribución temporal obtenidos a partir del análisis de la información histórica registrada en los pluviógrafos provinciales aplicando el Método de Pilgrim, adoptada para la Provincia de Entre Ríos. En base a la

desagregación temporal de las precipitaciones diarias máxima y mínima se determinaron los Hietogramas de precipitación acumulada. Los mismos constituyen una aproximación a los valores límites de precipitación acumulada previstos para las dos subregiones pluviográficas de la cuenca del Arroyo Feliciano.

Con lo descrito se busca presentar los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología de la regionalización de las precipitaciones máximas diarias en la Provincia de Entre Ríos y el análisis de las relaciones Intensidad-Duración-Frecuencia para determinar tormentas de proyecto en el área de la Cuenca del Arroyo Feliciano.

Regionalización de Precipitaciones Máximas

Para generar la base de datos se procesaron un total de trescientas cincuenta series pluviométricas, con longitudes de registro de 15 a 50 años, distribuidas en toda la provincia, y en estaciones ubicadas en provincias vecinas y países limítrofes adoptándose como longitud de análisis, la serie de 30 años correspondiente al período 1976 – 2005.

Del análisis del Criterio de Información de Akaike y los errores cuadráticos medios de la variable y la frecuencia se adoptó, para la provincia de Entre Ríos, la distribución GEV por presentar el mejor ajuste local y regional (Zamanillo et al., 2008).

Índice de Creciente

De las diversas metodologías de regionalización recomendadas por la bibliografía internacional se adoptó el Método del Índice de Crecientes, uno de los métodos regionales más difundidos debido a su sencillez. Se basa en el uso simultáneo de datos procedentes de un número de estaciones próximas que pueden considerarse homogéneas, hipótesis que fue verificada utilizando el Test de Homogeneidad Hidrológica de Dalrymple (Dalrymple, 1960).

El método del Índice de Creciente supone que la distribución de los eventos máximos en una región homogénea es la misma excepto por un factor de escala que refleja las características de las precipitaciones de cada estación (Sáenz de Ormijana et

al., 1991). Conocidos los cuantiles a escala regional y los valores de las medias locales, el valor de la precipitación máxima en la estación j-ésima puede expresarse como:

$$x_j = \mu_j \cdot \eta$$

donde el factor de escala μ_j se estima como la media de la serie histórica en la estación j-ésima y el índice de creciente regional η es una variable aleatoria adimensional idéntica para toda la región. La adimensionalización de las series se llevó a cabo dividiendo los valores estimados PTRj de cada estación (para T = 2, 5, 10, 20, 25 y 50 años) por el factor μ_j valor de las medias locales. Por lo tanto:

$\mu_j = PM_j$ = Media de los máximos diarios de cada estación.

PTRj = Precipitación Máxima para el período de retorno T en la estación j.

Los índices de creciente locales η_j se calcularon dividiendo los valores estimados para T = 2, 5, 10, 20, 25 y 50 años y para duraciones iguales a 1, 2, 3 y 4 días por la media de cada serie según:

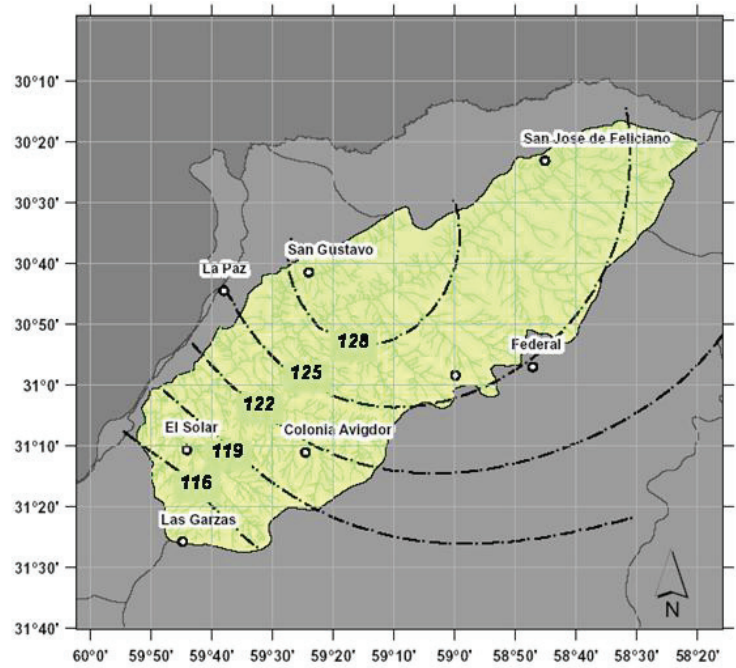
$$\eta_j = P_{TRj} / P_{Mj}$$

Los Índices de crecientes regionales se determinan como promedio de los cocientes locales correspondientes a las estaciones seleccionadas, según se indican en la Tabla V.13 para cada duración y recurrencia de diseño. Por otra parte, se llevó a cabo la regionalización de la Precipitación Máxima Media, para duraciones iguales a 1, 2, 3 y 4 días. A modo de ejemplo, se presentan los mapas de isohietas en las Figuras V.23 y V.24 para 1 y 2 días de duración, respectivamente.

El uso combinado de la Tabla V.15. y los mapas de Medias permite estimar en cada punto de la cuenca la Precipitación Máxima Media (mm) correspondiente a un período de retorno Tr (años) para duraciones iguales a 1, 2, 3 y 4 días (Olmos et al., 2007).

Tabla V.13. Índices de creciente regionales para períodos de retorno de 2 a 50 años.

Duración (días)	PERÍODO DE RETORNO (años)					
	2	5	10	20	25	50
1	0.93	1.23	1.44	1.67	1.74	1.99
2	0.93	1.24	1.46	1.68	1.76	1.99
3	0.92	1.24	1.46	1.68	1.76	2.00
4	0.93	1.24	1.46	1.68	1.76	2.00



**Figura V.23. Isohietas de precipitaciones máximas medias (mm) –
Cuenca del Arroyo Feliciano - Duración: 1 día (Modificado de
Zamanillo et al., 2009)**

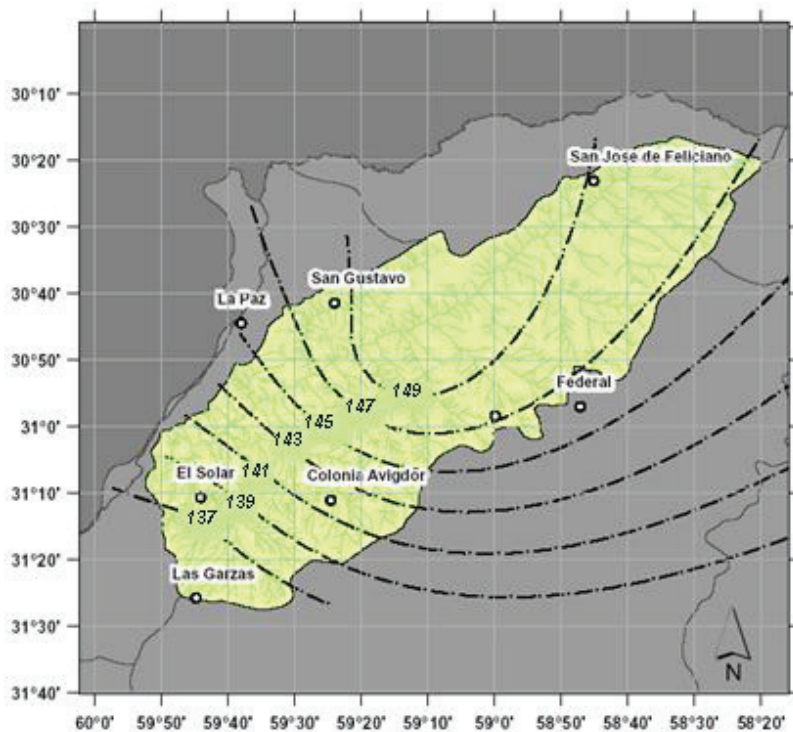


Figura V.24. Isohietas de precipitaciones máximas medias (mm) - Cuenca del Arroyo Feliciano - Duración: 2 días (Modificado de Zamanillo et al., 2009).

Relaciones Intensidad - Duración – Recurrencia

De acuerdo a los criterios presentados en el Manual de Tormentas de Diseño para la Provincia de Entre Ríos (Zamanillo et al., 2008), la Provincia se divide en tres zonas de influencia asociadas a los pluviógrafos en operación, que se indican en la Figura V.25.

A cada zona se le atribuye el mismo patrón de distribución temporal de la lámina total precipitada, caracterizado por las relaciones $RT = P_{24\text{horas}}/P_{\text{máx diaria}}$, y por los cocientes $r_{d/24}$ entre láminas de distintas duraciones d (min) con respecto a la precipitación de 24 horas ($P_{24\text{horas}}$), los cuales se obtienen de la relación I-D-T (IDF) representativa de cada pluviógrafo. (Camaño Nelli et al., 2003).

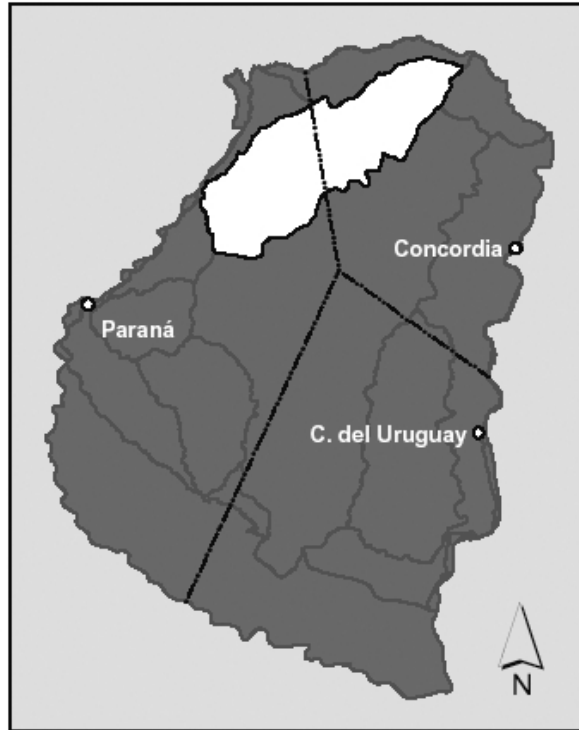


Figura V.25. Zonas de de influencia asociadas a los pluviógrafos con series extensas. Provincia de Entre Ríos.

A partir de estas relaciones se procede a la desagregación temporal de la precipitación máxima diaria, para determinar las láminas correspondientes a duraciones menores de 24 horas, y sus correspondientes intensidades de precipitación, sobre las que es posible ajustar una ecuación tipo Sherman de cuatro parámetros, que caracteriza la relación I-D-T del emplazamiento analizado (García, 2000).

$$i = \frac{K \cdot Tr^m}{(d + c)^n}$$

Donde

i: Intensidad de precipitación en mm/h, Tr: Período de retorno en años, d: duración de la precipitación en minutos, k, m, n y c: parámetros que se determinan para cada localidad en base a un análisis de regresión lineal múltiple.

De acuerdo a las zonas de influencia presentadas en la Figura V.25, la cuenca del arroyo Feliciano se divide en dos subregiones pluviográficas que se indican en la Figura V.26.: la Zona 1 asociada al pluviógrafo Concordia, y la Zona 2 al de Paraná.

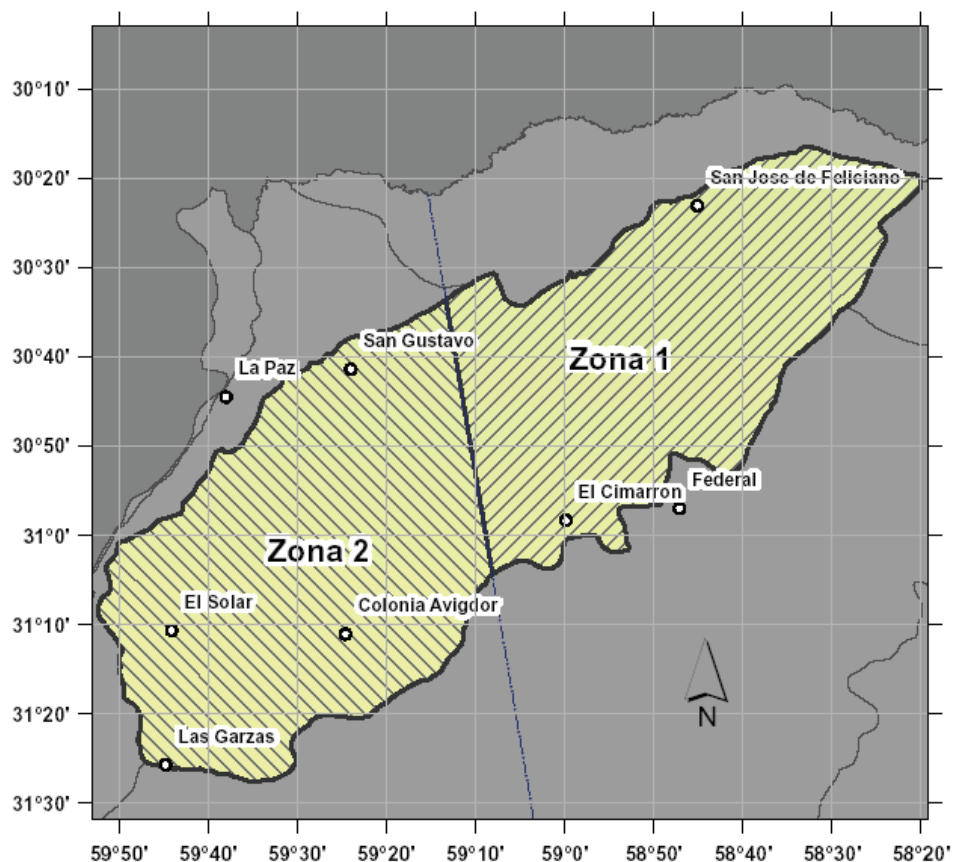


Figura V.26. Zonas de influencia de los pluviógrafos - Cuenca del Arroyo Feliciano

Zona 1: pluviógrafo Concordia - Zona 2: pluviógrafo Paraná. (Modificado de Zamanillo et al., 2009).

La determinación de los parámetros de las ecuaciones I-D-T se presenta en la Tabla V.14, para las localidades de San José de Feliciano, San Gustavo, El Solar, Colonia Avigdor y Las Garzas, ubicadas en la cuenca del Arroyo Feliciano, y para las localidades limítrofes de La Paz y Federal.

Tabla V.14. Parámetros de las relaciones I-D-T para localidades de la cuenca del Arroyo Feliciano.

LOCALIDAD	LAT	LONG	k	m	n	c
1 S. J. Feliciano.	30° 23' 24"	58° 45' 00"	882.5	0.23	0.71	5
2. San Gustavo	30° 41' 24"	59° 24' 00"	764.9	0.23	0.69	6
3. El Solar	31° 08' 24"	59° 42' 36"	706.5	0.23	0.69	6
4. Colonia Avigdor	31° 11' 24"	59° 25' 12"	724.1	0.23	0.69	6
5. Las Garzas	31° 25' 48"	59° 44' 24"	681.1	0.23	0.69	6
6. La Paz	30° 45' 00"	59° 39' 00"	743.9	0.23	0.69	6
7. Federal	30° 57' 00"	58° 47' 24"	870.5	0.23	0.71	5

Una vez definidas las ecuaciones I-D-T (IDF) para estas localidades se examinó la variación espacial de las intensidades de precipitación en el área de la cuenca. Las Figuras V.27 y V.28, presentan los mapas de isohietas de intensidades máximas para duraciones de tormenta de 60 minutos y períodos de retorno iguales a 10 y 50 años.

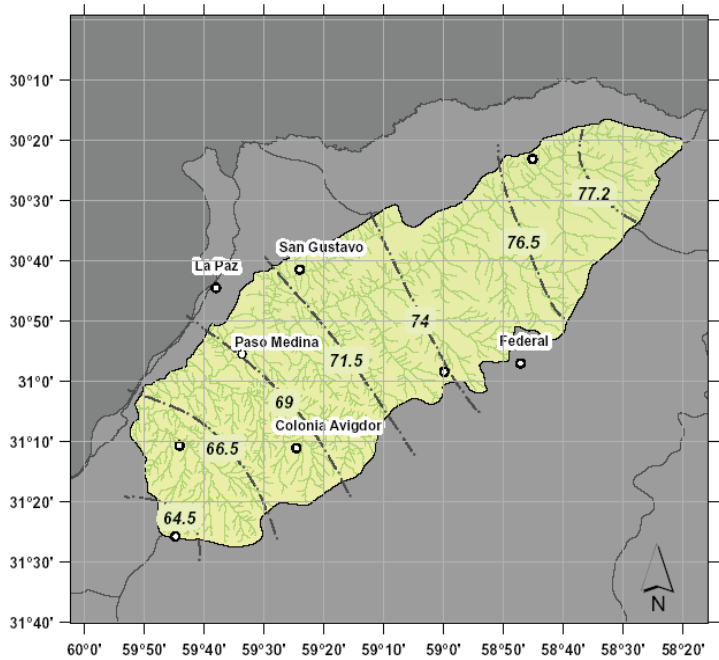


Figura V.27. i 60 minutos - Tr = 10 años

(Modificado de Zamanillo et al., 2009).

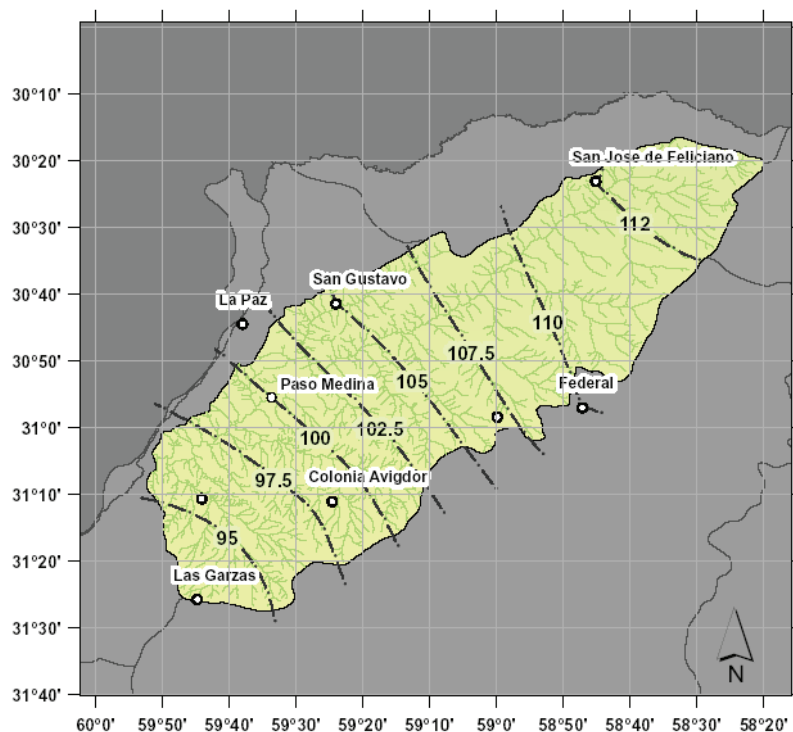


Figura V.28. i 60 minutos - $T_r = 50$ años

(Modificado de Zamanillo et al., 2009).

Hietogramas de Diseño

Se utilizaron los patrones de distribución temporal obtenidos a partir del análisis de la información histórica registrada en los pluviógrafos provinciales aplicando el Método de Pilgrim, estándar de diseño hidrológico en Australia, y adoptada para la Provincia de Entre Ríos (Pilgrim et al., 1977). Los mismos dependen del rango de duración de la tormenta, según se indica en las Figuras V.29 y V.30.

Debido a un criterio de proximidad geográfica los hietogramas de la localidad de Concordia se extrapolan a todos los emplazamientos incluidos en la Zona 1, y los correspondientes a la localidad de Paraná a los de la Zona 2.

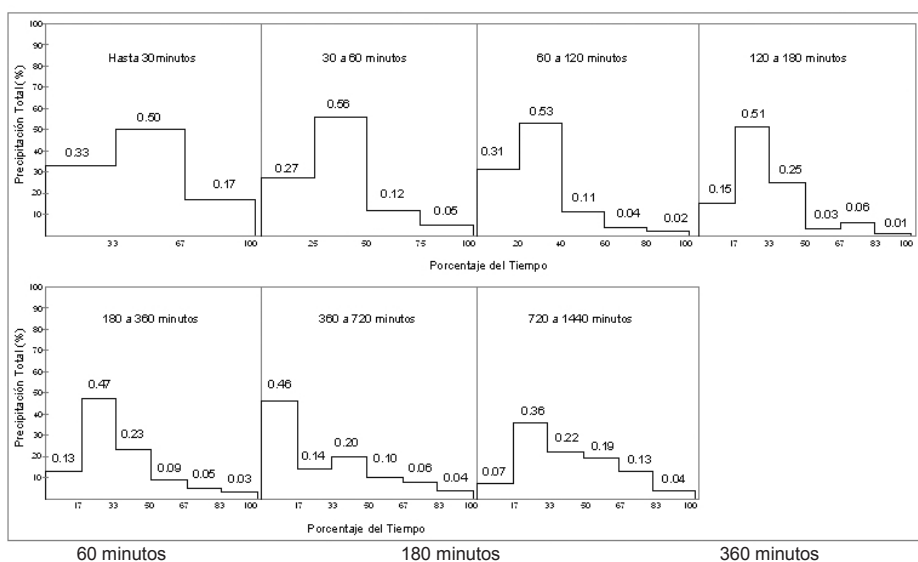


Figura V.29. Zona 1- Hietogramas de tormenta, Concordia.

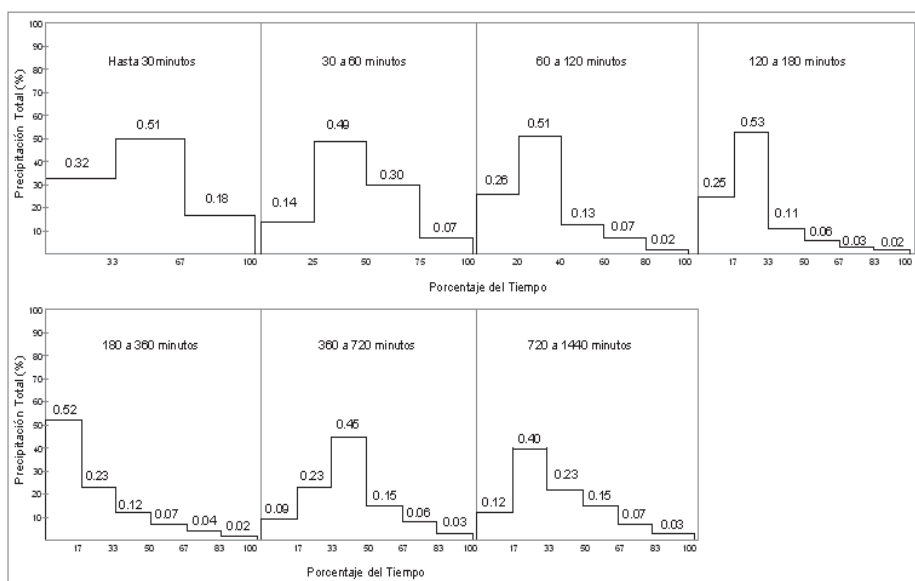


Figura V.30. Zona 2 - Hietogramas de tormenta, Paraná.

Para caracterizar los valores extremos estimados para la cuenca se identificaron los valores máximo y mínimo de precipitación máxima diaria para 50 años de periodo de retorno indicados en la Tabla V.15.

TablaV.15. Rango estimado de Precipitaciones Máximas Diarias para Cuenca Feliciano.
T: 50 años.

DESIGNACIÓN	DURACIÓN (días)			
	1	2	3	4
MÁX ZONA 1	253	300	332	340
MÍN ZONA 1	225	270	291	306
MÁX ZONA 2	252	298	329	342
MÍN ZONA 2	243	293	320	334

Como ejemplo, se presenta el resultado de combinar las idf correspondiente a la localidad de San José de Feliciano con los Hietogramas de la Zona 1 para recurrencias iguales a 5 y 50 años. Para un período de retorno igual a 10 años, como ejemplo de diseño, se presenta la evolución de la precipitación acumulada para dicha localidad, según se indica en la Figura V.31.

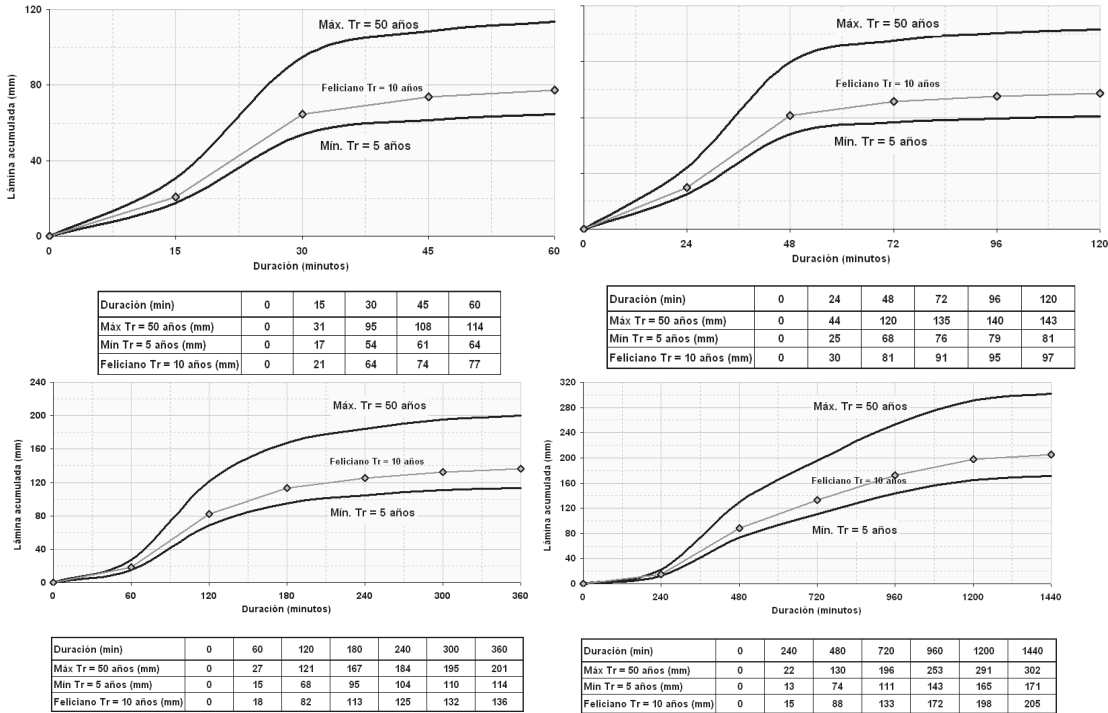


Figura V.31. Zona 1 - Hietogramas extremos de precipitación acumulada - Cuenca del Arroyo Feliciano.

V.2.4 Hidrología superficial de la Cuenca del Arroyo Feliciano

Existen registros de las alturas del Arroyo Feliciano correspondientes a dos estaciones de medición, Paso Medina (30°55'25" latitud Sur, 59°33'04" longitud Oeste, altitud de 20,85 m.s.n.m.) con datos disponibles desde 1975 y Paso Quebracho con datos disponibles desde 1991. Se dispone, además, de la serie de caudales diarios correspondiente a la estación Paso Medina para el período 1975 – 2007.

Ninguna de las estaciones de aforo se sitúa sobre la desembocadura del Arroyo Feliciano sobre el Paraná, sino que lo hacen aguas arriba, por lo que se estima que los caudales deben ser mayores comparado con los datos expuestos. No obstante, estas mediciones son útiles a los fines de analizar los patrones de crecidas, y su relación con las precipitaciones. La Figura V.32 presenta la curva de caudales medios en m³/seg.

Tabla V.16. Lluvias medias mensuales y lluvia media anual por subcuenca (mm).

Subcuenca	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Di	Anuale
1	144	113	135	178	95	57	40	44	69	124	121	136	1256
2	133	106	146	170	92	57	40	41	73	123	119	127	1226
3	152	119	157	184	97	57	40	47	66	125	123	144	1311
4	136	108	148	172	93	57	40	41	72	123	119	129	1238
5	149	120	157	183	97	58	40	47	67	124	124	143	1308
6	149	120	157	183	97	58	40	47	67	124	124	143	1308
7	128	127	151	172	97	62	38	44	73	121	132	135	1280
8	139	121	164	182	95	62	41	45	68	113	127	128	1284
9	125	128	161	176	96	64	40	44	71	111	133	124	1273
10	128	122	172	182	94	65	41	45	68	101	130	111	1260
11	128	122	172	182	94	65	41	45	68	101	130	111	1260
12	130	123	170	184	93	67	42	44	68	103	132	112	1267
13	125	127	159	177	90	64	41	43	66	104	129	113	1238
14	113	138	131	161	83	56	38	41	62	107	123	115	1167
15	144	119	155	189	85	59	39	41	62	107	127	115	1243
16	134	133	149	191	83	72	43	43	68	114	137	114	1280
17	124	111	142	175	79	55	38	38	54	104	130	111	1160
18	114	135	136	158	80	51	37	39	58	108	126	115	1156

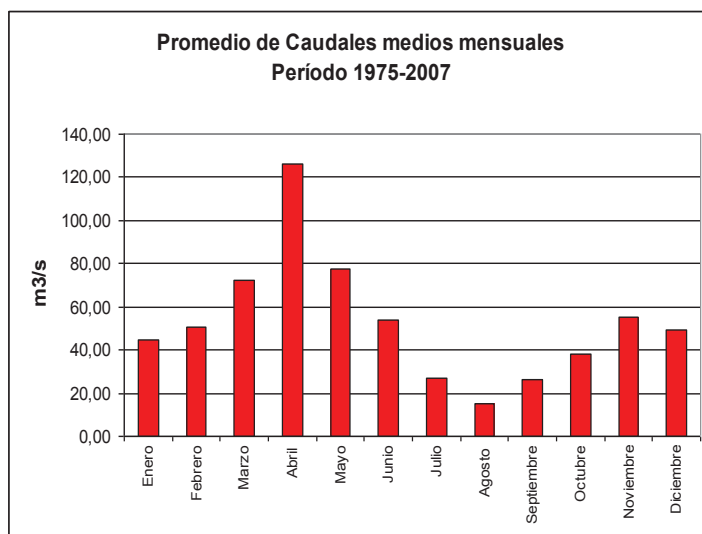


Figura V.32. Distribución de caudales mensuales, período 1975-2007. Estación Paso Medina.

Los caudales medios mensuales siguen un patrón similar al de la curva de precipitaciones normales en la región, aunque con un pico más marcado en el otoño, específicamente en el mes de abril con 126,3 m³/seg. A esto le sigue un ritmo decreciente hasta las proximidades de agosto (14,8 m³/seg), con un leve repunte en septiembre-octubre, para llegar a un segundo pico en noviembre de 55,1 m³/seg. En diciembre hay una baja, y enero comienza una crecida sostenida hacia el otoño.

Para la descripción de los derrames anuales, se utilizan los datos de Paso Medina, (1975 – 2007). En este período se han producido eventos significativos como los de los años 1997/98 con 134,5 m³/seg; 2002/03 con 133,8 m³/seg; 2004/05 con 115,7 m³/seg; y 2001/02 con 111,8 m³/seg. Los años con caudales mínimos fueron 1996/97 con 4,9 m³/seg; y 1981/82 con 10 m³/seg.

Los caudales específicos (l/seg/km²) para Paso Medina, son: promedio 9,3; mínimo de 0,9 y máximo de 24,2. La lámina anual promedio escurrida sobre la cuenca fue de 292,4 mm; un mínimo de 28,1 mm y un máximo de 762,7 mm.

El derrame anual medido para esta sección tiene una media de 1287 Hm³, un mínimo de 156,2 Hm³ y un máximo de 4242 Hm³. Como valor máximo diario histórico se destaca el caudal de 2248,4 m³/seg. El caudal módulo para el período considerado es de 51,5 m³/seg. A partir de la serie de caudales medios diarios en Paso

Medina, se obtuvieron los valores para los distintos percentiles según se muestra en la Tabla V.17.

Tabla V.17. Percentiles para los caudales medios diarios, período 1975-2007.

PERCENTILES (m ³ /s)										
P ₁₀	P ₂₀	P ₂₅	P ₃₀	P ₄₀	P ₅₀	P ₆₀	P ₇₀	P ₇₅	P ₈₀	P ₉₀
0,96	1,57	1,92	2,21	3,30	7,66	22,36	42,74	52,93	72,21	136,73

V.2.4.1 Régimen Hidrológico - Curva de descarga del Arroyo Feliciano

La curva de descarga para el Arroyo Feliciano se obtuvo a partir de los datos de altura hidrométrica y caudal medio diarios correspondientes a la serie 1975-2000 de Paso Medina. La misma se muestra en la Figura V.33.



Figura V.33. Curva de descarga Arroyo Feliciano (1975 – 2000). (Modificado de Tito et al., 2009).

La Tabla V.18 muestra las alturas hidrométricas (en m) y los caudales observados (en m³/seg) para la estación Paso Medina (Figura V.34).



Figura V.34. Estación Hidrométrica Paso Medina.

Tabla V.18. Altura hidrométrica y caudal observado en estación Paso Medina.

ALTURA(m)	CAUDAL (m ³ /seg)
0,50	2,88
1,00	14,79
1,50	33,81
2,00	52,93
2,50	72,21
3,00	91,75
3,50	111,74
4,00	132,46
4,50	154,38
5,00	178,28
5,50	205,45
6,00	238,01
6,50	279,45
7,00	335,53
7,50	415,75
8,00	535,78
8,50	721,44
9,00	1015,29
9,60	1612,50
10,00	2253,91

V.2.4.2 Índices Estadísticos de los caudales Diarios, Medios Mensuales, Anuales

Algunos de los índices estadísticos, indicativos de la dispersión de los valores de los caudales diarios de la serie 1987-2008, son los siguientes:

- rango = $(Q_{\text{máx}} - Q_{\text{mín}}) = 2179.5 \text{ m}^3/\text{seg}$
- relación “r” = $Q_{d,\text{máx}}/Q_{\text{mód}} = 42.08$
- coeficiente de variabilidad (Cv) o de Pearson = $\text{desvío standard} / Q_{\text{mód}} = 228.3\%$

Los índices determinados muestran la gran variabilidad que presenta el caudal diario en relación a sus valores medios.

Los caudales diarios, promedios del Arroyo Feliciano en Paso Medina: para cada mes y cada año del período total analizado, constituyen los caudales medios mensuales. Los valores obtenidos pueden apreciarse en la Figura V.35.

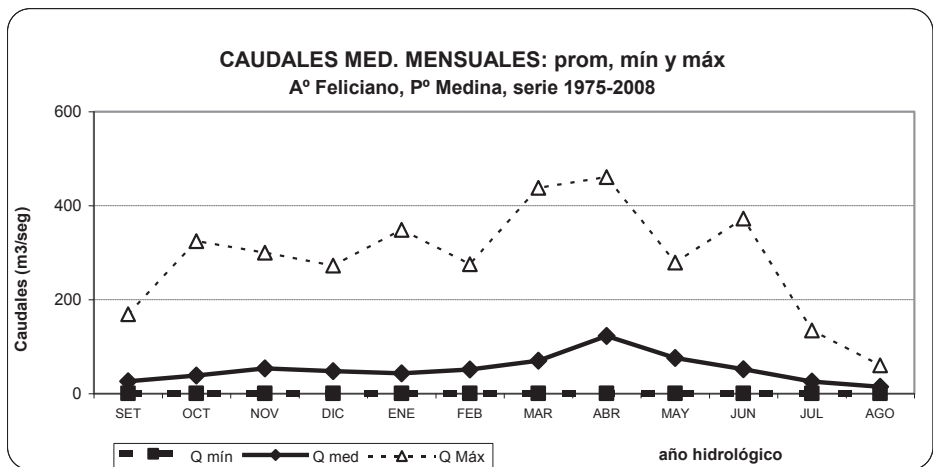


Figura V.35. Arroyo Feliciano Paso Medina: Caudales mensuales promedios, máximos y mínimos del período 1975-2008.

Los caudales mensuales promedios de la serie presentan un solo máximo en abril ($122.7 \text{ m}^3/\text{seg}$), mientras que el mínimo se produce en agosto ($14.5 \text{ m}^3/\text{seg}$). Los caudales mensuales máximos, en cambio, presentan varios picos durante el año entre los que sobresalen marzo y abril (438 y $460.7 \text{ m}^3/\text{seg}$), y una gran amplitud en relación

a los caudales mensuales mínimos. Éstos presentan el mayor valor en marzo (0,59 m³/seg) mientras que los mínimos se producen en octubre y en febrero, con 0,31 m³/seg. El rango de los caudales mensuales del período, 460.7- 0.31= 460.39 m³/s, la relación “r” entre el caudal mensual máximo y el módulo ($r = 460.7 / 45.7 = 10.08$), y el coeficiente de variabilidad $C_v = 1,73 \%$, definen, todavía, una dispersión elevada, pero bastante menor si comparamos estos índices con los determinados en la serie de caudales diarios.

La Figura V.35 permite apreciar la variabilidad de los caudales medios mensuales a lo largo del año hidrológico.

La extensión de la serie (más de 32 años) permite, además, mostrar la gran irregularidad interanual que este curso de agua tiene, si se grafican, cronológicamente, los caudales medios anuales del período de registro (Figura V.36).

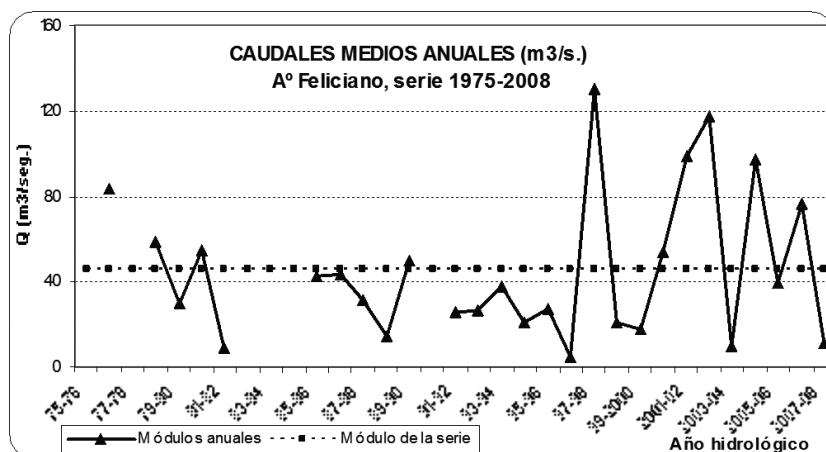


Figura V.36. Arroyo Feliciano en Paso Medina: módulos anuales del período 1975-2008.

Los módulos de los años hiper-húmedos 1997-98 y 2001-02 (130.5 y 117.7m³/seg, respectivamente) contrastan notablemente con los de los años secos 96-97 y 81/82 (5.0 y 8.61 m³/seg), evidenciando el elevado grado de irregularidad que también se presenta en forma interanual.

V.2.4.2.1 Curva de duración y frecuencia de caudales

Los **caudales medios diarios** (ó medios mensuales) de un período de observaciones, ordenados en forma decreciente y graficados, expresan el valor de

caudal que es sobrepasado para un número de días del año. Esta curva se denomina curva de duración de caudales y, a partir de la misma, se pueden definir algunos caudales característicos:

Caudal característico máximo: es el caudal que es sobrepasado diez días al año;

Caudal característico medio: es el caudal sobrepasado ciento ochenta y dos días al año, es decir, que en términos de probabilidad, sería el caudal que en el año tiene el 50 % de posibilidades de ser excedido. En función de estadísticos descriptivos este caudal puede considerarse como la mediana de toda la serie.

Caudal característico mínimo: es el caudal que es sobrepasado 355 días al año.

Estos valores pueden resultar muy útiles cuando los registros que se disponen presentan grandes dispersiones en relación a los valores medios, puestas de manifiesto cuando los coeficientes de variabilidad (o de Pearson) C_v y el coeficiente “ r ” presentan valores muy elevados, o los rangos son de notable amplitud, como ha ocurrido en el ítem precedente.

La curva de duración de los caudales diarios del arroyo Feliciano, en el período 1975-2008, es presentada en la Figura V.37.

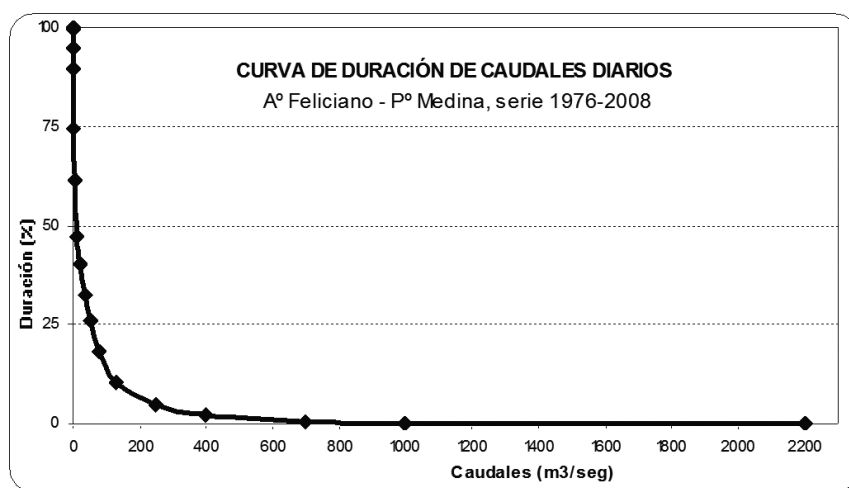


Figura V.37. Curva de Duración de Caudales Diarios del A° Feliciano en P° Medina.

Los caudales diarios característicos determinados han sido:

Q caract mín.: $0.35 \text{ m}^3/\text{seg}$

Q caract medio: (Q50%): $7.0 \text{ m}^3/\text{seg}$

Q caract máx: $320 \text{ m}^3/\text{seg}$

Dada la gran irregularidad de los caudales diarios de toda la serie, la gráfica no sigue una línea decreciente recta sino que desciende, en su primera parte, prácticamente en forma vertical y asíntotica al eje de las ordenadas. Para poder disponer de una mayor apreciación de este primer tramo, el mismo es presentado en la Figura V.38.

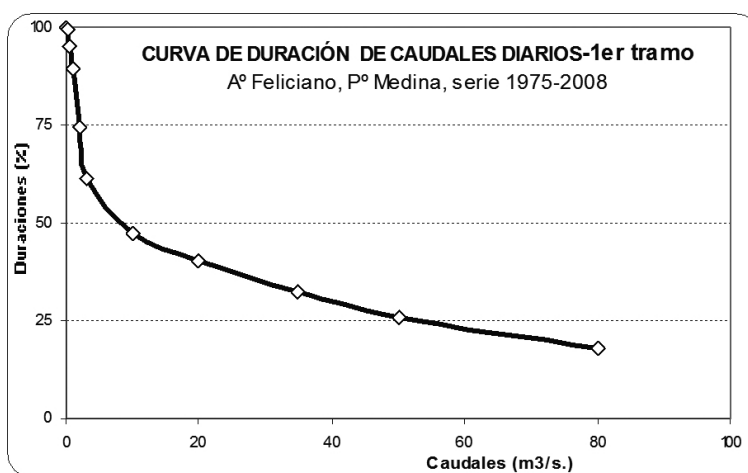


Figura V.38. Curva de Duración de Caudales Diarios-1^{er} Tramo.

Si se considera la serie de caudales diarios del período completo de registros, se puede apreciar que su módulo ($45.7 \text{ m}^3/\text{seg}$) es casi siete veces mayor que el caudal característico medio determinado ($7 \text{ m}^3/\text{s}$), y más de 100 veces que el caudal característico mínimo ($0,35 \text{ m}^3/\text{seg}$). Si, además, a este último caudal se lo compara con el caudal que es sobrepasado sólo 10 días al año, y que implica una diferencia en tres órdenes de magnitud, se pone en evidencia las grandes limitaciones en la disponibilidad de esta fuente superficial de agua si no se realiza previamente una regulación adecuada de la misma.

V.2.4.2.2 Disponibilidades hídricas superficiales

En general, los volúmenes anuales de escorrentía de una cuenca expresan su potencial hídrico. Para este curso de agua, los derrames anuales determinados fluctúan entre un mínimo de 157 Hm³ (en 1996/97) y un máximo de 4117 Hm³ (en 1997/98), correspondiéndole un valor medio de 1442 Hm³.

La representación de los derrames anuales del Arroyo Feliciano, pueden apreciarse en la Figura V.39.

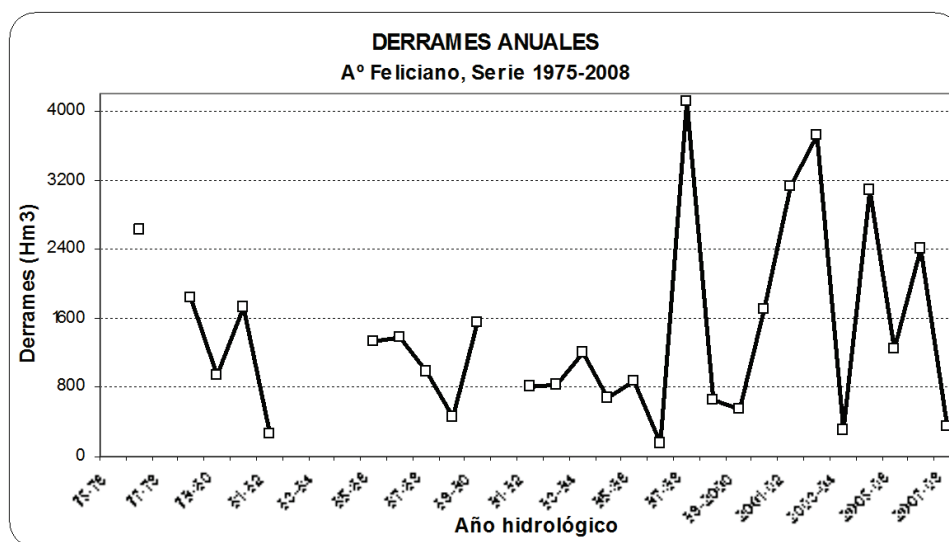


Figura V. 39. Derrames Anuales del Arroyo Feliciano.

La Figura V.39 es ilustrativa de los años hiper-húmedos (97/98 y 2001/02) y de la influencia que éstos pueden tener en la determinación del valor medio, sobre todo cuando los registros son de corta extensión y pertenecen al período último. Los derrames anuales pueden ser expresados también en términos de lámina, como una altura (en mm) de agua de escurrimiento sobre la cuenca, o como un caudal específico, es decir, como el caudal que produce 1 km² de superficie de aporte. En la Figura V.40 son presentadas los escurrimientos anuales (en lámina) de la cuenca de aportes.

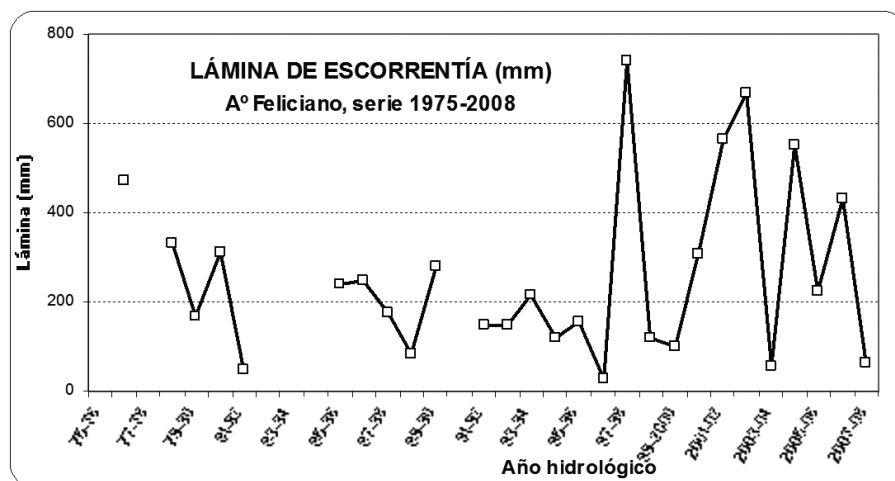


Figura V.40. Láminas escurridas anuales del Arroyo Feliciano.

En la misma Figura V.40., también puede apreciarse el elevado grado de irregularidad interanual existente, en donde se puede pasar de una lámina de escurrimiento de solamente 28 mm, en un año hidrológico seco como 1996/97, a la mayor de todas, de 740 mm., al año inmediato siguiente.

En general, la potencialidad del recurso hídrico superficial está expresada en los derrames anuales que, para el Arroyo Feliciano y durante el período 1975-2008, se ha determinado en la sección de control Paso Medina (RP N° 6), y cuya elevada aleatoriedad ha quedado particularmente evidenciada en las figuras e ítems presentados.

La disponibilidad, en cambio, estará dada sólo por la regulación que se pueda llegar a realizar de esos derrames anuales, o sea, por la adaptación de los caudales de escorrentía a las necesidades de la demanda de agua.

Para efectuar la regulación lo que se necesita es almacenar agua cuando las aportaciones son superiores a la demanda y verterla cuando ocurre el fenómeno contrario. Implica, por lo tanto, la construcción de embalses superficiales que, para nuestro caso, deberían permitir la regulación de los derrames en forma anual al menos, dado que los mayores volúmenes de escorrentía, en general, se producen durante los meses de marzo y abril, mientras que las demandas se concentran en los meses de diciembre, enero y febrero.

V.2.4.3 Balance hídrico a nivel de cuenca

En la Figura V.41 se muestra la probabilidad de déficit durante el periodo 1986–2005, para una capacidad de campo de 180 mm.

De acuerdo a dicha figura, se presenta déficit del orden de 20 % de probabilidad en los meses de diciembre y enero; y de 15 % en septiembre, octubre, noviembre y febrero.

En relación al déficit medio en milímetros se puede observar en la Figura V.42, que se presentan valores superiores a 53 mm en los meses de noviembre, enero y febrero; y entre 22 y 34 mm en los restantes meses. Con respecto al mes de marzo no se presentó déficit en ningún caso.

En la Tabla V.19., como ejemplo, se presenta un balance hídrico seriado por el método directo donde se muestran los datos y resultados de los diversos parámetros y variables intervinientes en el cálculo. Se puede observar que en el período de mayor interés (septiembre – marzo) se presenta déficit en el mes de septiembre y excesos en los meses de octubre, noviembre y enero, mientras que en los meses de diciembre febrero y marzo no existen déficit ni excesos.

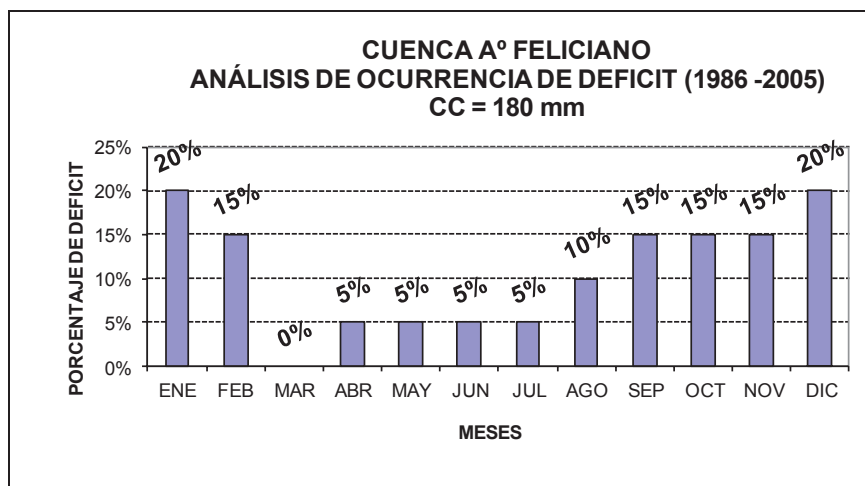


Figura V.41. Probabilidad de Déficit Mensual. Cuenca A° Feliciano (1986-2005)
C.C.= 180 mm.

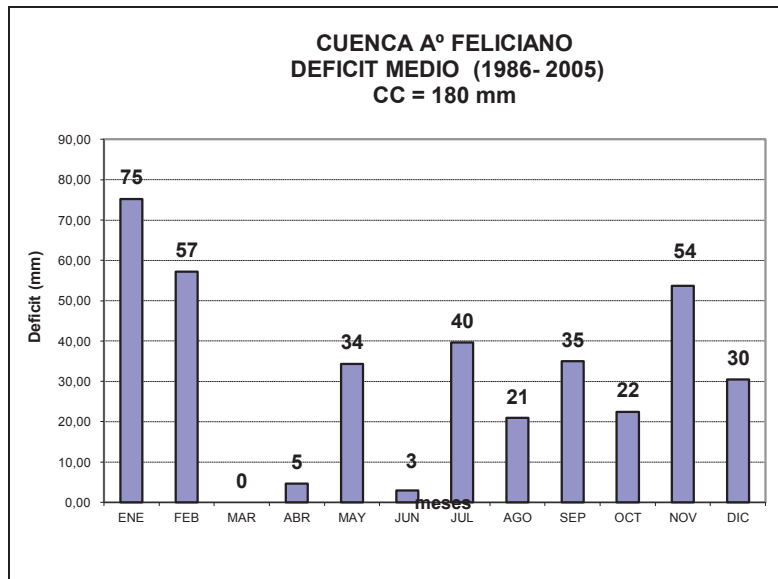


Figura V.42. Déficit Medio Mensual. Cuenca A° Feliciano (1986 – 2005) C.C. = 180 mm.

Tabla V.19. Balance Hídrico Seriado. Método Directo A° Feliciano (1993) C.C.= 140 mm.

1993	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
P	145	61	104	213	131	44	22	13	11	335	199	111	1388
ETP	119	107	90	72	40	36	50	65	88	74	102	128	971
P-ETP	26	-46	14	142	91	8	-28	-52	-77	261	96	-17	417
R	140	94	109	140	140	140	112	60	0	140	140	123	1338
ΔR	0	-46	14	31	0	0	-28	-52	-60	140	0	-17	-17
ETR	119	107	90	72	40	36	50	65	71	74	102	128	954
E	26	0	0	110	91	8	0	0	0	121	96	0	452
D	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	17

Análisis de sensibilidad

En el análisis de sensibilidad se variaron los valores de capacidad de campo, a los fines de evaluar cómo cambian los déficits y excesos en el periodo de análisis.

Para ello, se consideraron dos valores extremos de CC (140 y 220 mm), que representan un 22% en exceso y defecto del valor de referencia (180 mm).

En la Figura V.43 pueden observarse las probabilidades de déficit para las capacidades de campo de 140 y 220 mm, para cada mes del año y para el periodo de análisis (1986-2005).

El análisis comparativo de las Figuras V.43y V.44 muestra que más allá del valor exacto de la CC, los resultados son consistentes marcando en todos los casos los meses en los cuales se requiere de riego complementario. Los meses de mayor probabilidad de déficit son diciembre, enero y febrero en los todos casos y septiembre cuando la capacidad de campo es de 140 mm. En los meses restantes, la probabilidad de déficit, varía entre 10 y 15 %; repitiéndose en todos los casos la no existencia de déficit en el mes de marzo.

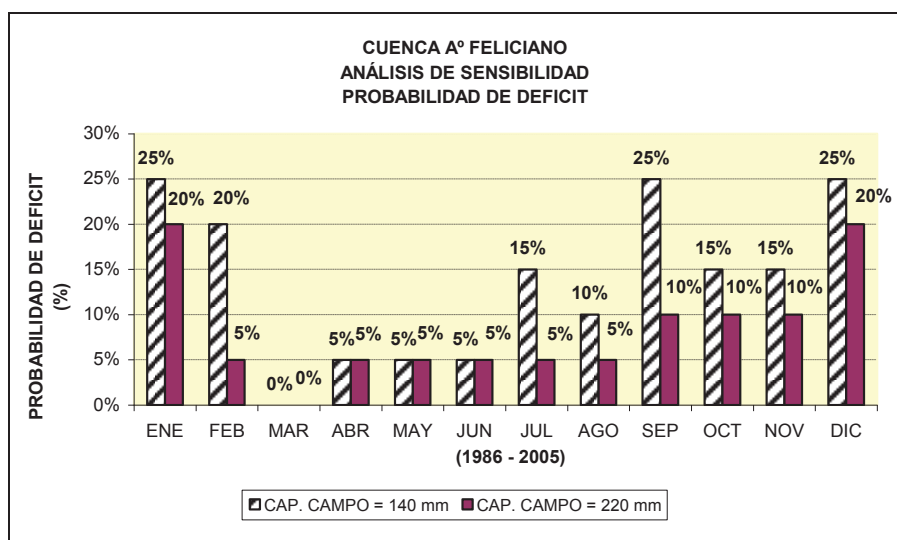


Figura V.43. Probabilidad de Déficit Mensual. Cuenca A° Feliciano (1986-2005)
C.C.= 180 mm y 220 mm.

En la Figura V.44 se puede ver el déficit medio, en milímetros, para cada mes del año considerando solamente los años en que se registra déficit, para capacidades de campo de 140 y 220 mm. Se puede observar, que se presentan valores superiores a 60 mm en los meses de enero y febrero y valores del orden de 30 mm en los meses de interés restantes. No debe llevar a confusión el hecho que en el mes de febrero el

déficit medio sea mayor para el valor de capacidad de campo de 220 mm respecto al de 140 mm; ya que lo que se está evaluando es déficit medio.

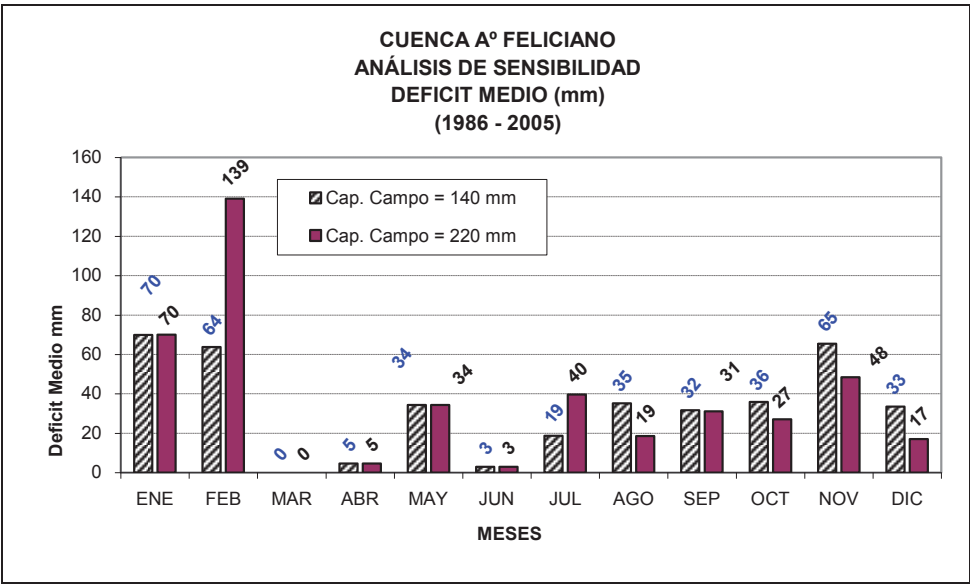


Figura V.44. Déficit Medio Mensual. Cuenca A° Feliciano (1986 – 2005) C.C. = 140 y 220 mm.

La frecuencia esperada de ocurrencia de déficit hídrico en la cuenca del Arroyo Feliciano se muestra en la Tabla V.20 para los meses de septiembre a marzo. Estas frecuencias tienen un estimador de mínima y de máxima que depende del valor de la capacidad de campo. En casi todos los casos el valor mínimo corresponde a una CC de 220 mm y la frecuencia máxima corresponde a una CC de 140 mm.

Tabla V.20. Frecuencia esperada de déficit - Balance Hídrico A° Feliciano - CC.= 140, 180 y 220 mm.

MESES	FRECUENCIA ESPERADA DE DEFICIT (Veces / cada 10 años)	
	Mínima	Máxima
Septiembre	1,0	2,5
Octubre	1,0	1,4
Noviembre	1,0	1,4
Diciembre	2,0	2,5
Enero	2,0	2,5
Febrero	0,5	2,0
Marzo	0,0	0,0

V.2.4.4 Aplicación del Modelo ARHIUNER

La mala calidad de agua subterránea en la cuenca del Arroyo Feliciano limita la posibilidad de su uso para riego; por ello se ha desarrollado el cultivo de arroz con el predominio de represas como fuente de riego. En la cuenca, durante la campaña 2004/05, se regó un total de 2603 ha de arroz mediante represas, y en la campaña 2003/04, 4953 ha.

Se aplicó el Modelo ARHIUNER a las represas Santa María, Pileco y La Colorada. La Figura V.45 muestra la ubicación de las mismas en la Cuenca del Arroyo Feliciano (San Miguel et al., 2009).

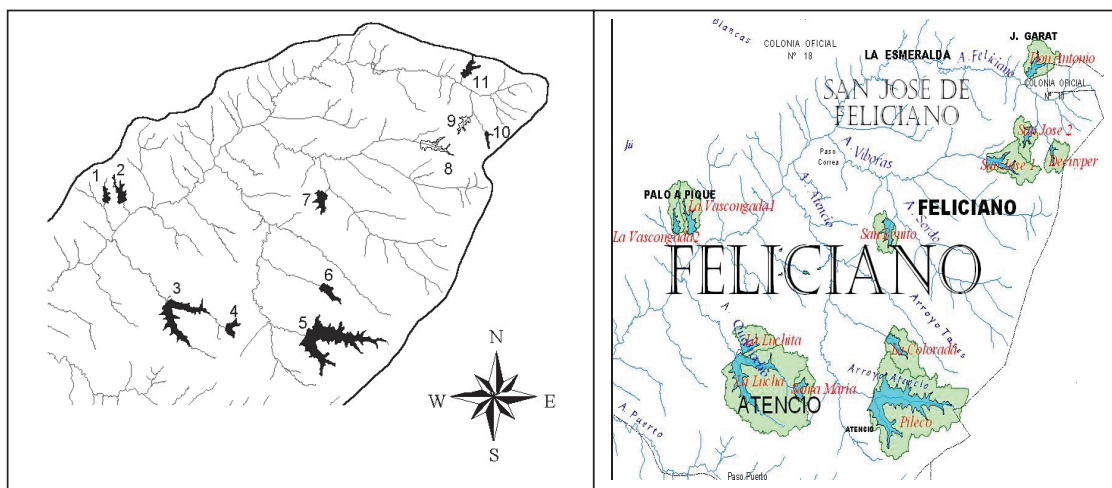


Figura V.45. Ubicación de las represas en la Cuenca del Arroyo Feliciano:

1. La vascongada A; 2. La vascongada B; 3. La Lucha; 4. Santa María; 5. Pileco; 6. La Colorada; 7. San Benito; 8. San José 1; 9. San José 2; 10. Decuyper; 11. Don Antonio.

En la Tabla V.21 puede apreciarse la superficie de embalse, la superficie de la cuenca incluyendo las represas, la superficie de la cuenca de aporte y el volumen útil para las represas de riego mencionadas (Lenzi et al., 2004).

Para la utilización de ARHIUNER se requirieron registros de caudal de longitud suficiente. En este sentido, como se mencionó anteriormente, en la cuenca existen registros de caudales diarios correspondientes a la estación Paso Medina para el período 1975 – 2007. La superficie de la cuenca hasta Paso Medina es de 5562 km².

La Figura V.46 presenta la distribución de caudales medios mensuales en m³/s registrados en la estación Paso Medina. Esta distribución, sigue un patrón similar al de la curva de precipitaciones normales en la región, con un pico marcado en el mes de abril. A esto le sigue un ritmo decreciente hasta las proximidades de agosto, con un leve repunte en septiembre-octubre, para llegar a un segundo pico en noviembre. En diciembre hay una baja, y en enero comienza una crecida sostenida hasta el otoño.

En el período 1975 – 2007 se señalan caudales medios anuales significativos como los de los años 1997/98 con 134,5 m³/s y 2002/03 con 133,805 m³/s. Los períodos con caudales medios anuales mínimos fueron 1996/97 con 4,95 m³/s y 1981/82 con 10 m³/s.

Los valores de caudal específico (l/s/km²) obtuvieron un promedio de 9,27, un mínimo de 0,89 y un máximo de 24,19. La lámina promedio escurrida sobre la cuenca fue de 292,4 mm; un mínimo de 28,08 mm y un máximo 762,7 mm. El derrame anual medio para esta sección tiene una media de 1626 hm³, un mínimo de 156,2 hm³ y un máximo de 4242 hm³.

TablaV.21. Datos de las represas Santa María, Pileco y La Colorada.

Represas	Superficie Embalse (ha)	Superficie Cuenca con presa (ha)	Superficie cuenca aporte (ha)	Volumen útil (hm ³)
Santa María	146	834	688	2,5
Pileco S.A.	1534	7324	5790	16
La Colorada	189	1023	835	3,2

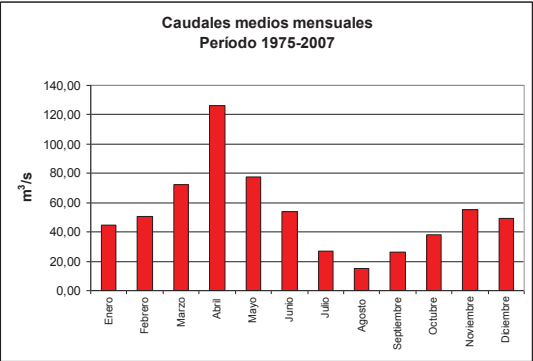


Figura V.46. Distribución de caudales medios mensuales en Paso Medina, período 1975-2007.

Con el objeto de analizar riesgos se simuló mediante ARHIUNER el comportamiento de las represas Santa María, Pileco y La Colorada. Para los embalses Santa María y La Colorada se consideró una capacidad de almacenamiento variable, entre 1 hm³ y 6 hm³, entre 50 y 400 ha; mientras que para la represa Pileco, el volumen se hizo variar entre 8 y 20 hm³ y el área a sembrar entre 500 y 2500 ha.

A partir de los registros de Paso Medina en el período 06/01/1980 - 31/12/2005 se generaron series de caudal de aporte para cada una de las represas corrigiendo por proporcionalidad de áreas y por las precipitaciones mensuales medias en cada subcuenca calculadas por Thiessen y considerando también la precipitación ocurrida sobre el área de cada embalse.

Por otro lado, variando el volumen útil de cada embalse y considerando la demanda hídrica máxima, media y mínima con cien días de riego continuo, se estimó el área factible de siembra para cada subcuenca. Se pudo observar que, para la dotación media, el área a sembrar en la cuenca correspondiente a Santa María, para un volumen útil variable entre 2 y 3,2 hm³, oscila entre 174 y 278 ha. Para La Colorada, con volumen útil variable entre 2,5 y 4 hm³, oscila entre 218 y 348 ha; mientras que para Pileco, variando el volumen útil entre 15 y 17,5 hm³, el área factible de siembra con dotación media de riego, fluctúa entre 1305 y 1523 ha. La Tabla V. 22, muestra los resultados obtenidos para el volumen útil informado en cada represa.

Tabla V.22. Área factible de siembra en función de la demanda de riego máxima, media y mínima.

Represas	Volumen útil (hm ³)	Hectáreas a regar según dotación en l/s/ ha		
		1,16	1,33	1,5
Pileco	16	1596	1392	1235
Santa María	2,5	249	218	193
La Colorada	3,2	319	278	247

La represa Santa María posee una superficie embalsada de 146 ha con una cuenca de aporte de 834 ha, totalizando un volumen embalsado de 2,5 hm³. La misma

se encuentra ubicada en las nacientes del Arroyo Quebracho que es afluente del Arroyo Feliciano. El área sembrada en las diferentes campañas oscila alrededor de las 300 ha. La Tabla V.23 presenta la superficie bajo riego en diferentes campañas arroceras.

La Figura V.47 muestra el gráfico para el análisis de riesgo en la represa Santa María. Este gráfico muestra que el embalse, con un volumen útil de 2,5 hm³, tiene riesgo 0 de falla en la atención de la demanda para una superficie sembrada de alrededor de 200 ha. La Figura V.48 muestra el diagrama de riesgo para esta situación.

A partir del análisis de los diagramas de riesgo correspondientes a la represa Santa María, atendiendo a las hectáreas sembradas en cada campaña, se pudo ver que en la campaña 1996/ 1997, el embalse se queda sin agua a principios de marzo, en la campaña 1998/ 1999, en febrero y no se repone hasta abril; en la campaña 1999/2000, en enero y hasta abril no hay recarga; por último, en la campaña 2003/ 2004, en febrero, sin recarga hasta abril. En las restantes campañas, el embalse cubre las demandas de riego. En las campañas, donde se producen las fallas, se tiene información de que se cubrió el faltante con agua de otra procedencia.

Tabla V.23. Superficie sembrada en las distintas campañas, represa Santa María.

Campañas	Área sembrada (ha)
1996-1997	275
1997-1998	300
1998-1999	300
1999-2000	300
2000-2001	288
2001-2002	260
2002-2003	302
2003-2004	271
2004-2005	107
2005-2006	292
2006-2007	284

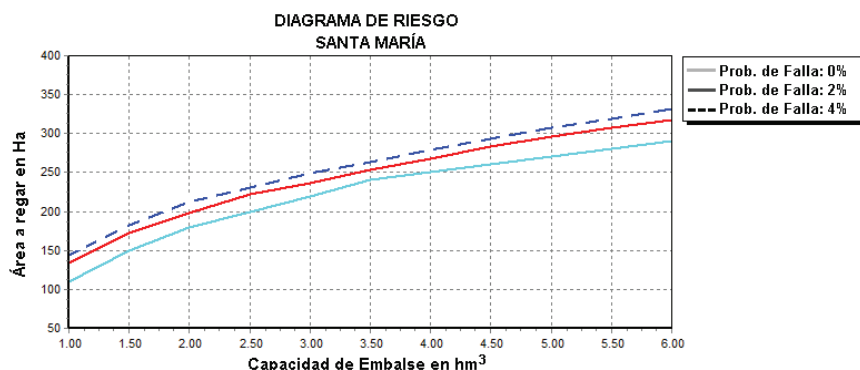


Figura V.47. Gráfico para el análisis de riesgo correspondiente a la Represa Santa María.

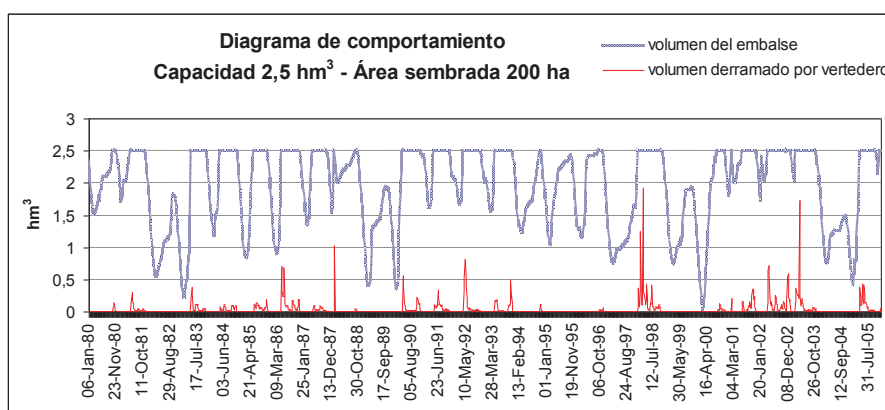


Figura V.48. Diagrama de Comportamiento Embalse Santa María para 200 ha y $2,5 \text{ hm}^3$ de volumen útil.

La represa “La Colorada” posee una superficie embalsada de 189 ha con una cuenca de aporte de 1023 ha, totalizando un volumen embalsado de $3,2 \text{ hm}^3$. El área sembrada en las diferentes campañas oscila entre 90 y 351 ha. La Tabla V.24 presenta la superficie bajo riego en diferentes campañas arroceras (Zufiaurre, 2008).

En la Figura V.49 se presenta el gráfico para el análisis de riesgo en la represa La Colorada. Este gráfico muestra que el embalse, con un volumen útil de $3,2 \text{ hm}^3$, tiene riesgo 0 de falla en la atención de la demanda para una superficie sembrada de alrededor de 240 ha. El diagrama de comportamiento se presenta en la Figura V.50.

En la campaña 2003/ 2004, el agua del embalse La Colorada se agota en febrero y no existe recarga hasta abril; para cubrir la demanda La Colorada, compró agua a

Pileco. En las restantes campañas, el embalse cubre las demandas de riego de las hectáreas sembradas.

Tabla V.24. Superficie sembrada en las distintas campañas represa La Colorada.

Campañas	Área Sembrada (ha)
2000-2001	191
2001-2002	100
2002-2003	248
2003-2004	352
2004-2005	90
2005-2006	245
2006-2007	289

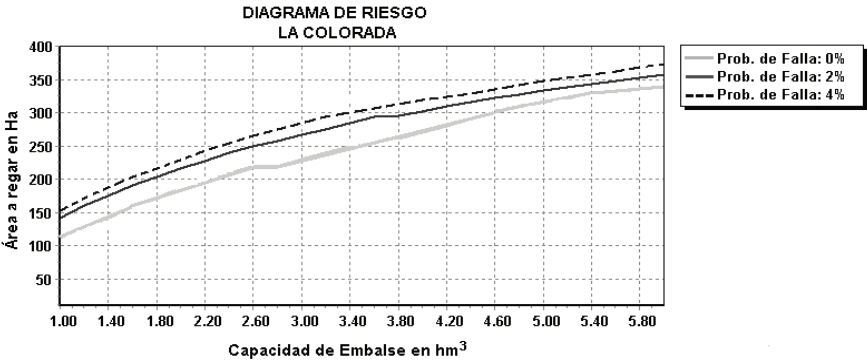


Figura V.49. Análisis de riesgo de la represa La Colorada.

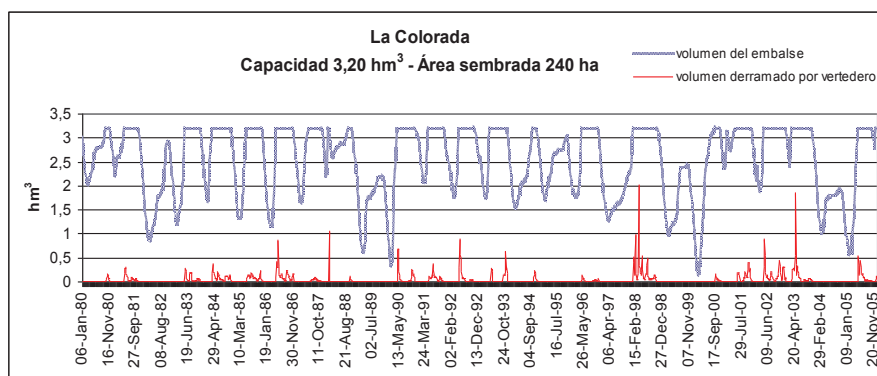


Figura V.50. Comportamiento para 240 ha y 3,2 hm³ de volumen útil.

La represa Pileco posee una superficie embalsada de 1534 ha con una cuenca de aporte de 7324 ha, totalizando un volumen embalsado de 16 hm³. El área sembrada en las diferentes campañas oscila entre 500 y 1450 ha. La Tabla V.25 presenta la superficie bajo riego en diferentes campañas arroceras.

La Figura V.51 muestra el gráfico para el análisis de riesgo en la represa Pileco. Este gráfico muestra que el embalse, con un volumen útil de 16 hm³, tiene riesgo 0 de falla en la atención de la demanda para una superficie sembrada de alrededor de 1500 ha. El diagrama de comportamiento resultante de la simulación para una capacidad de 16 hm³ y área sembrada de 1500 ha se presenta en la Figura V.52.

Tabla V.25. Superficie sembrada en las distintas campañas represa Pileco.

Campañas	Área sembrada (ha)
2000-2001	723
2001-2002	739
2002-2003	507
2003-2004	1110
2004-2005	1365
2005-2006	1365
2006-2007	1446

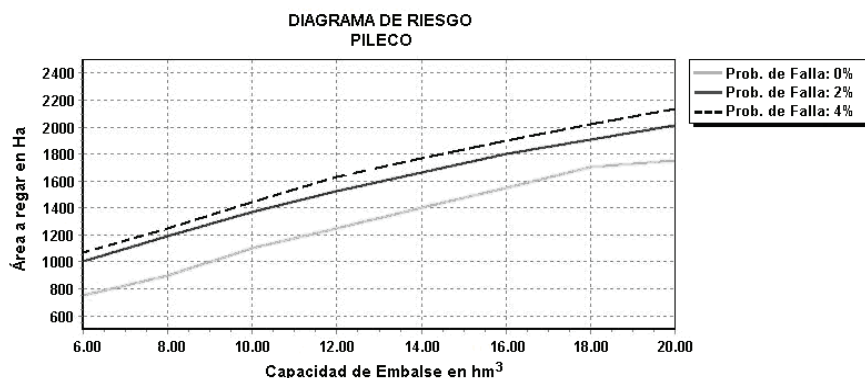


Figura V.51. Gráfico para el análisis de riesgo correspondiente a la represa Pileco.

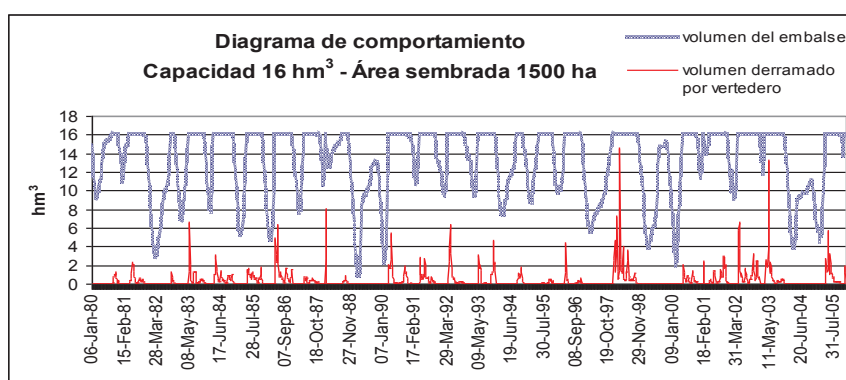


Figura V.52. Diagrama de Comportamiento embalse Pileco para 1500 ha y 16 hm³ de volumen útil.

La represa Pileco cubrió la demanda de riego en todas las campañas, dado que siempre se sembró por debajo del riesgo 0 de falla.

V.2.4.5 Clasificación de las aguas

V.2.4.5.1 Aguas superficiales

La ausencia de precipitaciones desde gran parte del año 2008 hasta el momento en que se hizo el muestreo, fue el causante de la falta casi absoluta del recurso superficial en el centro y norte de la cuenca, pudiéndose obtener tan solo 4 muestras de aguas superficiales, todas ellas pertenecientes a la subcuenca sur.

A las muestras anteriores se sumaron los datos fisicoquímicos provenientes de otros proyectos de la cátedra de Riego y Drenaje de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la U.N.E.R. y de la Dirección de Hidráulica de Entre Ríos, que se

pudieron recolectar. Para la realización de los análisis se contó con un total de 65 muestras de aguas superficiales de la cuenca del Arroyo Feliciano (Figura V.53).

Las muestras de aguas superficiales fueron tomadas en la intersección de las rutas o caminos con los cursos de agua pertenecientes a la cuenca. En el sitio de extracción de la muestra se tomaron las coordenadas geográficas (Figura V.54).

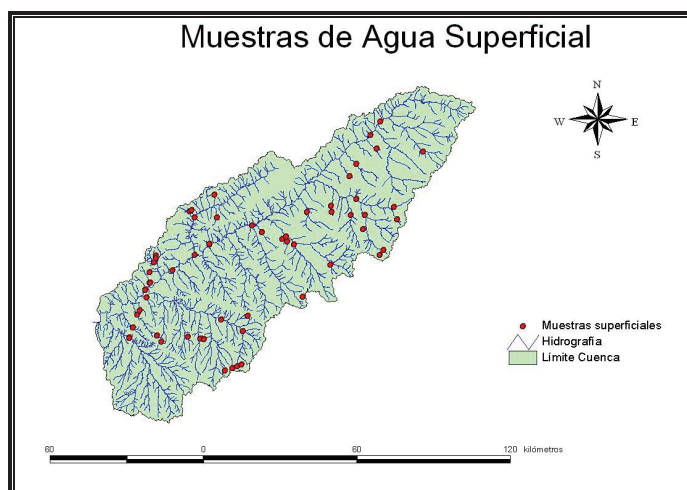


Figura V.53. Distribución geográfica de las muestras de aguas superficiales- Cuenca del A. Feliciano (n=65).



Figura V.54. Sitio de extracción de muestra superficial.

V.2.4.5.2 Aguas subterráneas

En el relevamiento hidrológico del recurso subterráneo de la cuenca se obtuvieron 76 muestras. Además, se recolectaron 130 datos fisicoquímicos provenientes de proyectos de la cátedra de Riego y Drenaje de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la U.N.E.R.

Se analizaron un total de 206 muestras de aguas subterráneas de la cuenca del Arroyo Feliciano (Figura V.55).

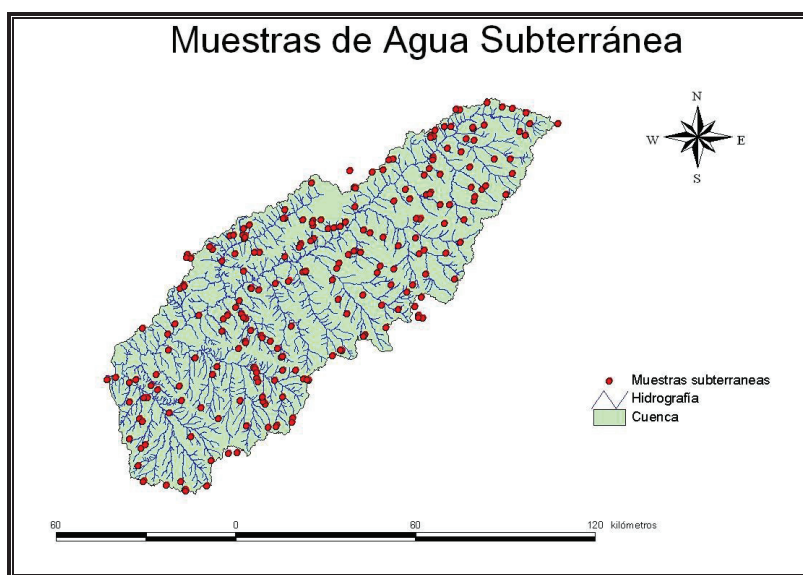


Figura V.55. Distribución geográfica de las muestras de aguas subterráneas.

Cuenca del Arroyo Feliciano (n=206).

De los 76 sitios donde se tomaron muestras de aguas subterráneas, 64 pertenecen a la zona rural y 12 a centros urbanos de la cuenca (colonias y pueblos). En ambos casos, el punto de muestreo fue georreferenciado.

Las muestras en centros urbanos, se obtuvieron de la red que la abastece y en el caso de la zona rural fueron obtenidas de molinos de viento y pozos con bomba. En casos puntuales se obtuvieron de los tanques de tipo australiano.

V.2.4.5.3 Recolección de las Muestras

Se tomaron los cuidados necesarios propuestos en la metodología en cuanto a la conservación y transporte de las muestras. En lo que se refiere a la “recolección” es conveniente aclarar que:

Para la recolección de aguas superficiales y debido a las condiciones de estiaje ya mencionadas, las muestras fueron obtenidas de sitios lo más alejados de las orillas.

En cuanto al recurso subterráneo, la velocidad de los vientos en los días del muestreo, no permitió realizar un purgado conveniente de las cañerías de los molinos de viento y, en muchos casos, se encontraban detenidos, siendo necesario tomar la muestra del tanque australiano anexo o de un bebedero cercano.

V.2.5. Análisis de Laboratorio

V.2.5.1 Análisis Fisicoquímico

Se realizó un análisis fisicoquímico a las muestras de aguas superficiales y subterráneas, en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNER.

En la Tabla V.26 se pueden observar, los valores máximo, mínimo, medio y desvío estándar, que arrojan las variables evaluadas para aguas subterráneas.

Tabla V.26. Resultados del análisis químico del agua subterránea (n=76).

	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Cl ⁻	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	pH	C.E.	P	NO ₃ ⁻
Parámetro	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l		uS/cm	mg/l	mg/l
Máximo	42,60	0,35	16,68	12,16	25,24	3,51	12,96	9,45	6192,3	0,13	39,61
Mínimo	0,71	0,06	0,24	0,48	1,17	0,00	2,26	7,51	235,3	0,02	0,00
Promedio	20,82	0,17	2,55	2,33	6,21	0,67	8,45	8,18	2350,2	0,06	6,25
Desvío	12,24	0,08	2,96	2,23	6,19	0,68	1,75	0,39	1606,1	0,02	7,10

Observando los valores obtenidos, en una primera aproximación se puede clasificar el agua subterránea de la cuenca, como bicarbonatada sódica, hallando mayor proporción del ion sodio entre los cationes y de bicarbonato entre los aniones analizados (Tujchneider, 1987).

V.2.5.2 Análisis Bacteriológico

La contaminación fecal trae aparejada la presencia de virus, parásitos y bacterias patógenas, causante en la mayoría de los casos de enfermedad tanto en seres humanos como en animales, algunas graves y otras que pueden pasar inadvertidas por no presentar sintomatología clínica, pero generando trastornos en la nutrición e interferencias en el normal desarrollo, con la consiguiente disminución en la producción. (Valenti et al., 2006).

Se obtuvo la carga bacteriana de las aguas mediante el recuento de coliformes totales y *Escherichia coli*, y así pudo determinarse su grado de contaminación y en un futuro utilizarse para analizar las posibles fluctuaciones en el tiempo, como también determinar los factores que pueden incidir en sus posibles variaciones.

El método de las placas Petrifilm 3M ha sido evaluado y comparado con métodos estándares (Smith et al., 1985; Matner et al., 1990; Rippey et al., 1987; Silliker et al., 1979; Mc Allister et al., 1987) y aprobado por APHA como método microbiológico alternativo (Speranza et al., 1997). El método de las placas Petrifilm, es confiable según confirman resultados obtenidos en investigaciones realizadas precedentemente (Bishop et al., 1988; Matner et al., 1990; Mc Allister et al., 1987). El método elimina la necesidad de preparar medios de cultivo, se muestra aplicable por su sencillez y ahorro de tiempo (Speranza et al., 1997).

Por las razones antes mencionadas y dada su disponibilidad en el mercado local, se utilizaron placas “Petrifilm 3M” para las determinaciones bacteriológicas, siguiendo las instrucciones del inserto en cuanto a siembra, incubación y recuento de las colonias (Figura V.56).

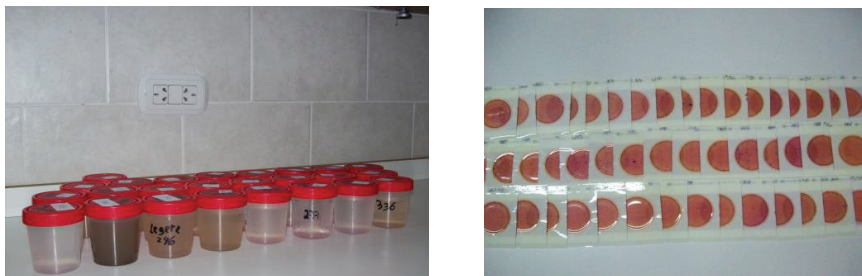


Figura V.56. Muestras de agua para examen bacteriológico y placas de Petrifilm.

V.2.5.2.1 Determinación de Coliformes Totales

Las placas Petrifilm de 3M para recuento de coliformes (CC) es un medio de cultivo listo cuyo sistema contiene nutrientes Rojo Bilis Violeta (VRB), un gelificante soluble en agua fría, y un indicador tetrazolium que facilita la enumeración de las colonias (Petrifilm 3M, 2009a).

Las normas ISO definen los coliformes por su capacidad de crecer en medios específicos y selectivos. El método ISO 4831, que enumera los coliformes por el método del Número Más Probable (NMP), define los coliformes por su capacidad de crecer y producir gas a partir de la lactosa en un caldo selectivo (Petrifilm 3M, 2009a). En las placas Petrifilm CC, estos coliformes se muestran como colonias rojas asociadas a gas (método ISO 4831, certificado 3M 01/2-09/89B).

Este tipo de placas fue la utilizada para el recuento de coliformes totales (Figura V.57). Los resultados se expresaron en unidades formadoras de colonia cada 100 mililitros (ufc/100 ml) y pueden consultarse en la Tabla V.25 del Anexo 2.

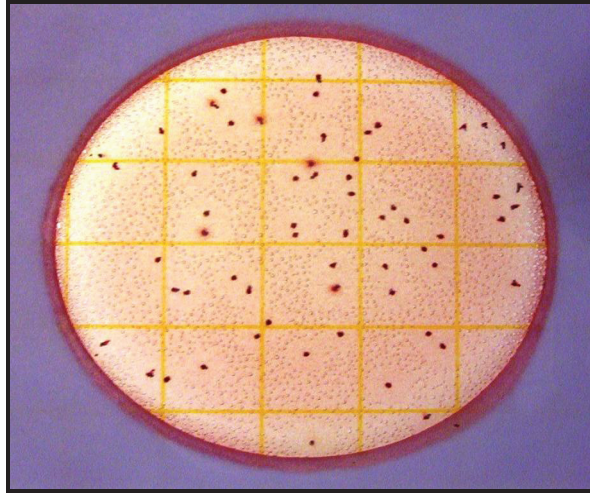


Figura V.57. Placa utilizada para el recuento de Coliformes Totales (Fuente Propia).

V.2.5.2.1.1 Determinación de *Escherichia coli*

Las placas Petrifilm de 3M para recuento de *Escherichia coli* y coliformes (EC) es también un medio de cultivo listo y su sistema contiene nutrientes, Rojo Bilis Violeta (VRB), un agente gelificante soluble en agua fría, un indicador de la actividad de glucuronidasa, 5 bromo-4-cloro-3-indolyl-b-D-glucuronido (BCIG) y el indicador tetrazolium, que facilita la enumeración de las colonias (Figura V.58).

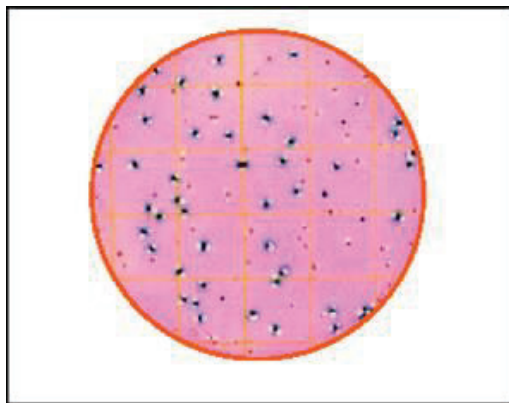


Figura V.58. Placa para el recuento de Coliformes Totales y *E. coli*.

(Fuente: Petrifilm 3M, 2009b).

La mayoría de las *E. coli* (cerca del 97%) producen beta-glucuronidasa, la cual produce un precipitado azul asociado con la colonia. El film superior atrapa el gas producido por los coliformes fermentando la lactosa y la *E. coli*. Cerca del 95% de las *E. coli* producen gas, indicado por las colonias de color rojo a azulado asociadas con el gas atrapado sobre la placa Petrifilm EC (Petrifilm 3M, 2009a).

Este tipo de placas se utilizó para el recuento de *Escherichia coli*. Los resultados se expresaron en unidades formadoras de colonia cada 100 mililitros (ufc/100 ml) y pueden consultarse en la Tabla .N°14 del Anexo.

En la Tabla N°14, solo 20 muestras poseen el dato de *Escherichia coli*, esto es así porque se disponía de ese número de placas para su uso y se seleccionaron aquellas muestras con elevado recuento inicial de coliformes totales con el fin de indagar sobre la presencia de *E. coli*. No se detectó *Escherichia coli* en ninguna de las muestras subterráneas de la cuenca.

En la mencionada, Tabla N°14 del Anexo, se presenta un resumen con datos del muestreo en la Cuenca del Arroyo Feliciano y de los Análisis Físicoquímico y Bacteriológico de las muestras de aguas superficiales y subterráneas realizados en el Laboratorio.

V.2.6 Caracterización del uso del agua y de los usuarios

En este apartado se presentan gráficos de clasificación para cada uno de los parámetros evaluados en la caracterización del agua para sus distintos usos.

Como ya se señaló, en el Anexo se encontrarán los valores máximo, mínimo, media y desvío estándar de los parámetros que caracterizan al agua destinada a riego, consumo animal y humano. En el mismo se presentan otras tablas y gráficos de distribución de frecuencias complementarios que fueron usados para la clasificación, así como también los mapas generados con el programa Arc View 3.2, que forman parte del SIG de la Cuenca del Arroyo Feliciano.

Nomenclatura utilizada en este apartado y el anexo:

FA: Frecuencia absoluta en porcentaje.

FR: Frecuencia relativa en porcentaje.

FAA: Frecuencia absoluta acumulada en porcentaje.

FRA: Frecuencia relativa acumulada en porcentaje.

n: Número de muestras analizadas para cada parámetro.

C.E (uS/cm): conductividad eléctrica en micro siemens por centímetro.

R.A.S: Relación de adsorción de sodio.

RAS_{ajus}: Relación de adsorción de sodio Ajustado.

C.S.R (meq/l): Carbonato de sodio residual en porcentaje en miliequivalentes por litro.

P.S.S (%): Porcentaje de sodio soluble.

Cl (meq/l): Cloruros en miliequivalentes por litro.

Cl (mg/l): Cloruros en miligramos por litro.

SO₄⁼ (meq/l): Sulfatos en miliequivalentes por litro.

SO₄⁼ (mg/l): Sulfatos en miligramos por litro.

Ca/Mg: Relación calcio-magnesio.

NO₂⁻(mg/l): Nitritos en miligramos por litro.

NO_3^- (mg/l): Nitratos en miligramos por litro.

$\text{CO}_3^{=}$ (mg/l): Carbonatos en miligramos por litro.

CO_3H^- (mg/l): Bicarbonatos en miligramos por litro.

Dureza total (mg/l): Ca^{++} y Mg^{++} , expresados como miliequivalentes de carbonato de calcio por litro.

C.T. (UFC/100ml): Coliformes Totales en unidades formadoras de colonia cada 100 mililitros.

E.C. (UFC/100ml): *Escherichia coli* en unidades formadoras de colonia cada 100 ml de agua.

C.A.: Consumo Animal.

C.H.: Consumo Humano.

V.2.6.1. Aptitud de Aguas Superficiales

V.2.6.1.1 Aptitud para Riego del agua superficial

pH: El 84,6 % de las muestras se clasifican dentro del rango *Normal* según las directrices de Ayers y Westcot (1976), ya que presentan un pH entre 6,5 y 8,4 (Tabla V.27 y Figura V.59). Por otro lado, el 15,4% restante presenta valor *bajo* de pH, y ninguna muestra fue clasificada dentro del rango *Alto*.

Tablas y gráficos de distribución por rangos de pH, se pueden ver en el anexo (Tabla N°17 y Figura N°59).

Tabla V.27. Aguas superficiales para Riego. Clasificación por pH (n=65).

pH	Clasificación	FR
<6,5	Bajo	15,4%
6,5-8,4	Normal	84,6%
>8,4	Alto	0%

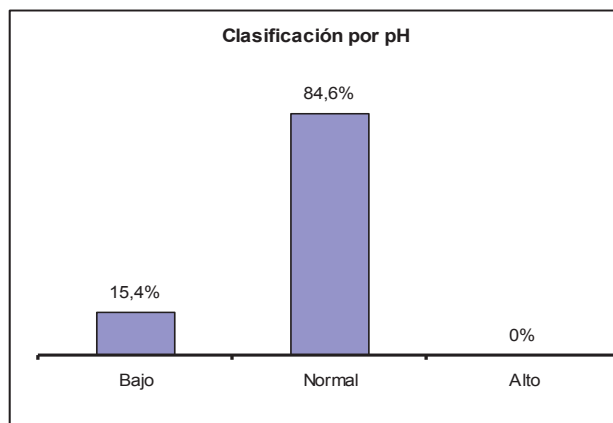


Figura V.59. Aguas superficiales para Riego. Clasificación por pH (n=65).

Conductividad Eléctrica: En función de la clasificación de USDA-EEUU (Tabla IV.8) se puede clasificar al agua superficial de la región estudiada como de salinidad baja a moderada, ya que un 75,45% de las muestras se encuentran con valores menores a 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Un 21,5% de las muestras pertenecen a la clase 3 “salinidad Media”, y un 3% comparten la categoría de salinidad Alta a Muy Alta (Figura V.59). Gráficos de distribución por rangos de salinidad se pueden ver en anexos (Tabla N°18 y Figura N°60).

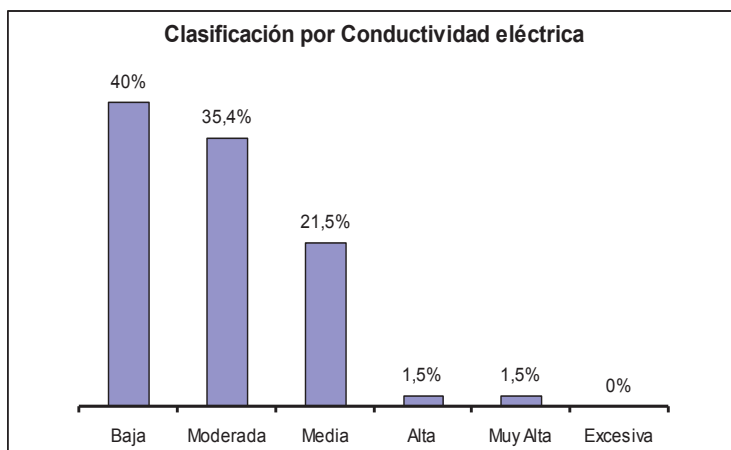


Figura V.60. Aguas superficiales para Riego. Clasificación por C.E. (n=65).

Relación de Adsorción de Sodio (RAS): Teniendo en cuenta que aguas con una RAS menor a 10 no generan riesgos de sodificación de suelos, y a partir de lo observado en el Figura V.61 donde el 93,5% de las aguas superficiales poseen una

RAS menor a 10, podemos decir (considerando solo este parámetro) que estas aguas son de buena calidad para su uso en riego).

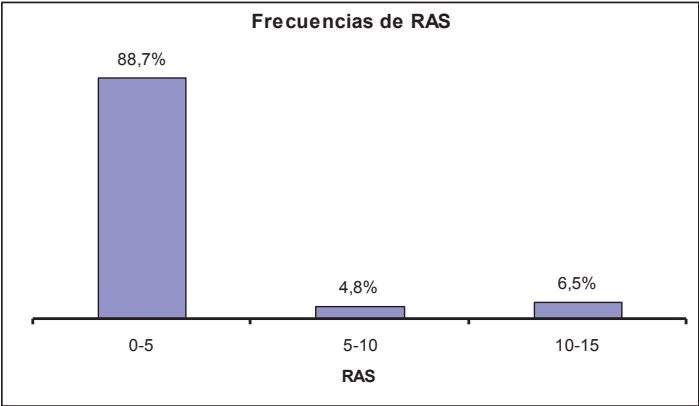


Figura V.61. Aguas superficiales para Riego. Distribución de frecuencias por rangos de RAS (n=62).

Es importante agregar que la expresión original de la RAS no tiene en cuenta la precipitación de sales de calcio por la presencia de bicarbonatos y, de este modo, se introduce error en la evaluación del peligro de sodificación.

Ras Ajustado: El 85,5% de las muestras no presentan limitaciones para su uso en riego en cuanto a problemas de sodificación de los suelos (Figura V.62) ya que presentan valores de RASajus menores a 6. El restante 14,5% posee problemas crecientes y graves de sodificación con valores del 3,2 y 11,3%, respectivamente.

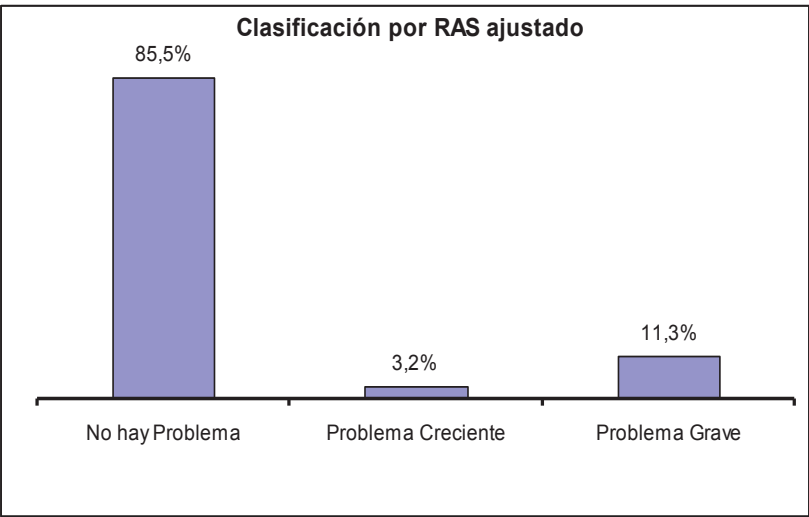


Figura V.62. Aguas superficiales para Riego. Clasificación por Ras ajustado (n=62).

Carbonato de Sodio Residual: En el caso de este índice la mayor parte de las aguas para riego son consideradas de aptitud *dudosa*, ya que más del 80% de los casos los valores se encuentran entre 1,25-2,5 meq/l (Figura V.63). Solo un 11,3% es considerada como *Buena* y un 4,8% no lo es.

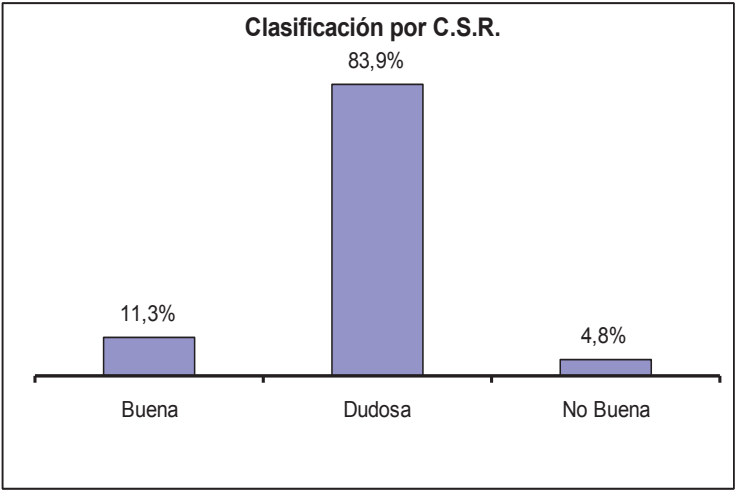


Figura V.63. Aguas superficiales para Riego. Clasificación por C.S.R. (n=62).

Porcentaje de Sodio Soluble: El 85,5% de las muestras analizadas de aguas superficiales de la cuenca son aptas para riego, ya que poseen valores inferiores a 60%, valor a partir del cual pueden producirse acumulaciones de sodio en el suelo con el consiguiente riesgo de destrucción de las propiedades físicas del suelo (Figura V.64.). Por otro lado un 14,5% recibió la clasificación de dudosa y ninguna muestra es inapta según la clasificación propuesta en la metodología (Tabla IV.11).

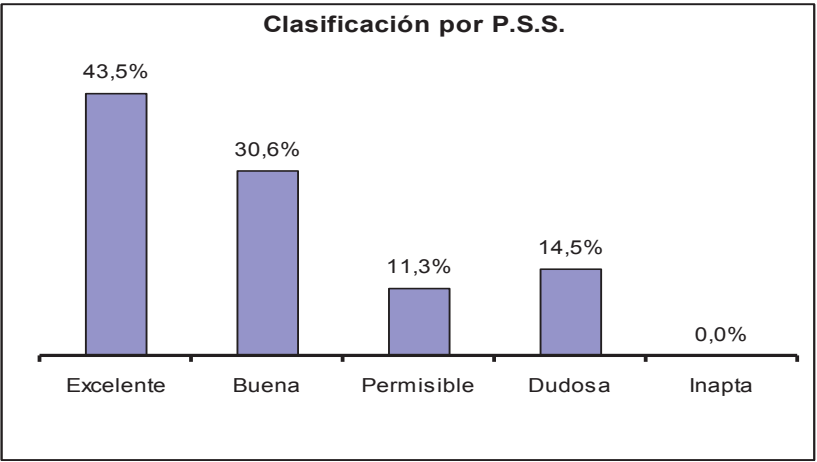


Figura V.64. Aguas superficiales para Riego. Clasificación por P.S.S. (n=62).

Toxicidad por Cloruros: En las aguas superficiales evaluadas no se presentan problemas de toxicidad para las plantas en un 89,2% (Figura V.65) debido a que las mismas poseen menos de 4 meq/l de cloruros. Por otro lado un 9,2% tendría un *problema creciente* y solo un 1,5% se clasifican como *Problema grave*.

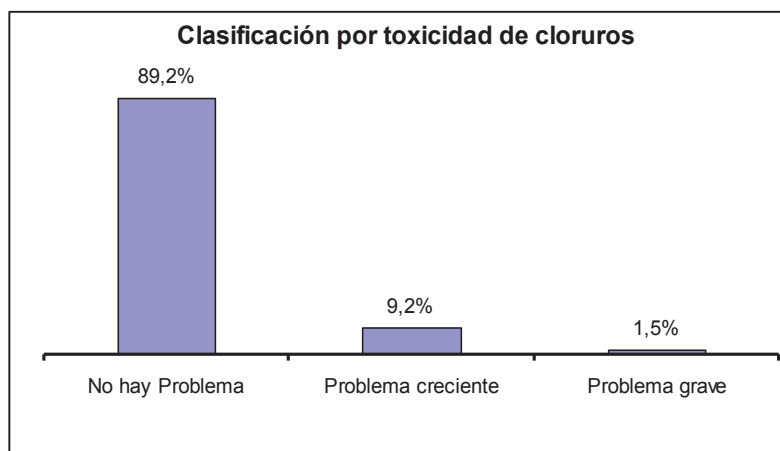


Figura V.65. Aguas superficiales para Riego. Clasificación por Cloruros (n=65).

Toxicidad por Sulfatos: La mayoría de las muestras (96,7%, Figura V.66) se consideran aptas para su uso como riego según este parámetro, ya que presentan valores menores a 12 meq/l de sulfatos. Por otro lado solo un 3,3% se clasifican como Inapta.

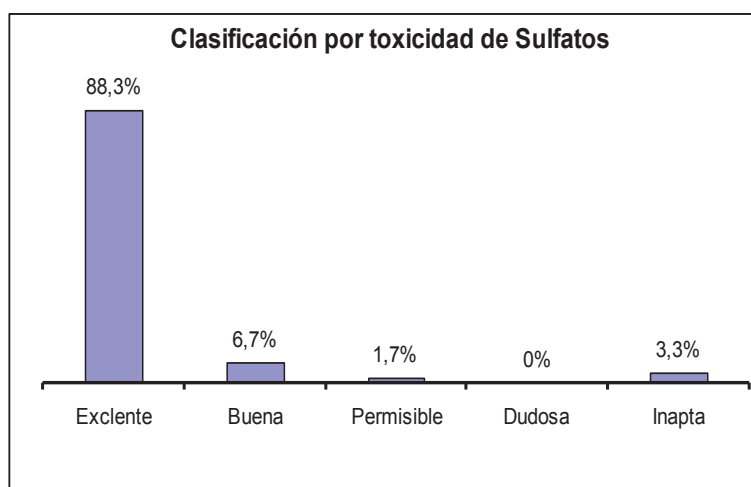


Figura V.66. Aguas superficiales para Riego. Clasificación por Sulfatos (n=60).

Aptitud Total para Riego: Haciendo una evaluación integral de las 65 muestras de aguas superficiales de la cuenca del A° Feliciano, se observa que en un 69,2% son *Aptas* para su uso como riego (Figura V.67) y en el 30,8% restante, alguno de los parámetros evaluados anteriormente califica a este recurso, como *No Apto* para ese destino.

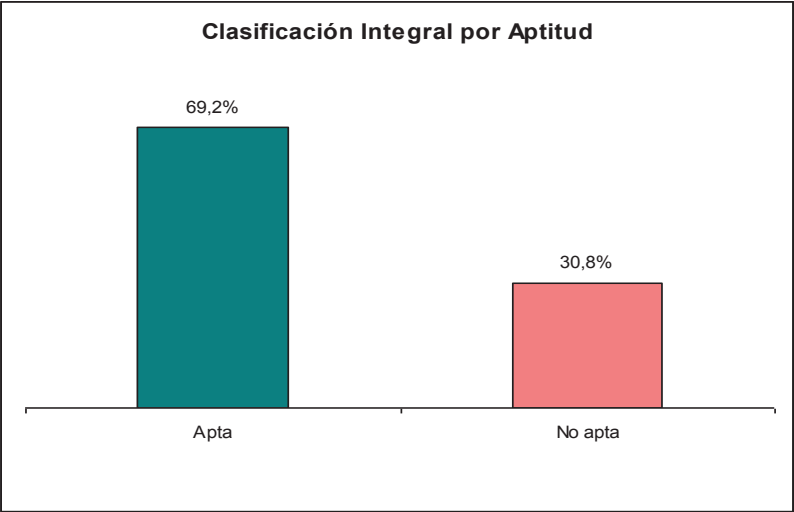


Figura V.67. Aguas superficiales para Riego. Clasificación integral por Aptitud considerando la totalidad de los parámetros evaluados anteriormente (n=65).

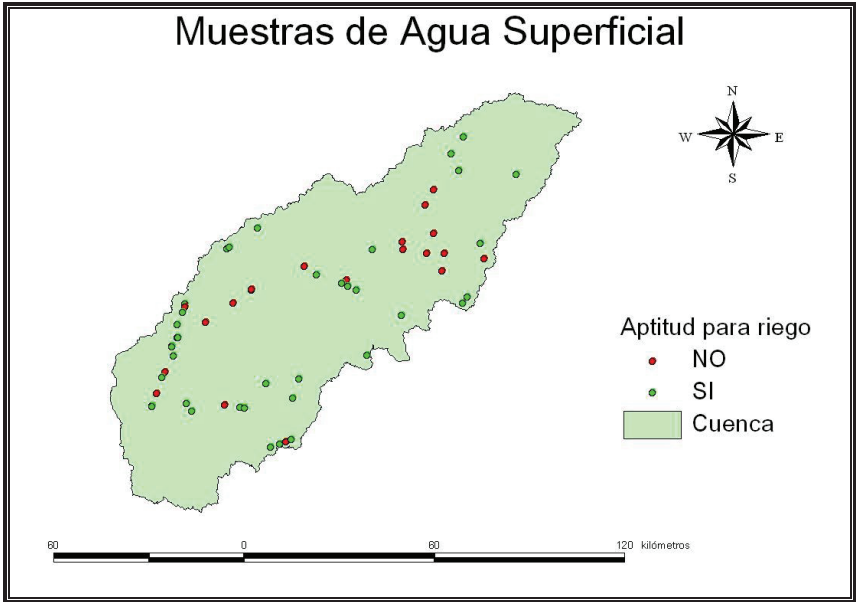


Figura V.68. Distribución geográfica de muestras de aguas superficiales de la cuenca según su aptitud para riego (n=65).

V.2.6.1.2. Aptitud del agua superficial para consumo animal

Conductividad Eléctrica: En función de la clasificación propuesta en la metodología (Tabla IV.14), y considerando que todas las muestras tuvieron valores de conductividad menores a 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Tabla N°27 del anexo), se observa en la Figura V.69 que el 89,2% de las muestras es *Excelente* y el 10,8% restante es *Muy Satisfactoria* para bebida del ganado. Esto representa que el 100% de las aguas es *Apta* para este destino.

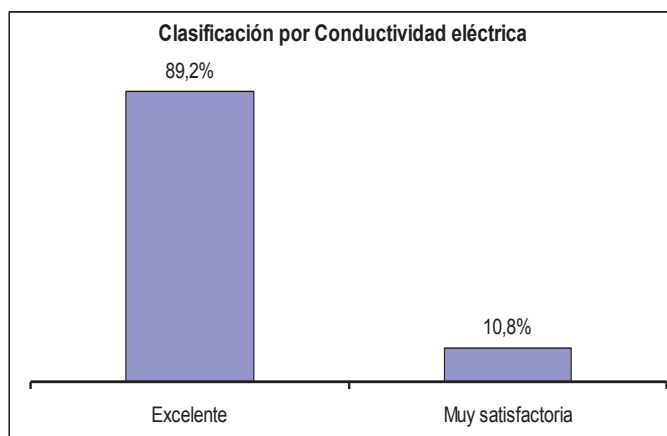


Figura V.69. Aguas superficiales para C.A. Clasificación por C.E. (n=65).

Cloruros: El 100% del agua superficial es *Apta* para bebida animal, ya que se ubica en el rango de *Muy Buena - Buena* (Figura V.70). En la Figura V.71 y Tablas N°28 y N°29. del anexo se observa que el total de muestras presenta valores menores a 1000 mg/l de cloruros.

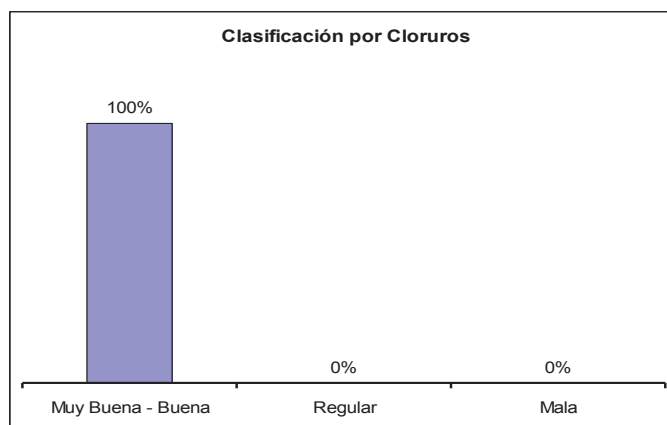


Figura V.70. Aguas superficiales para C.A. Clasificación por Cloruros (n=65).

Relación Ca/Mg: Para este parámetro el 100% del agua superficial es *Apta* para bebida animal, ya que se ubica en el rango de *Buena - Muy Buena* (Figura V.71) donde la relación es mayor a 2 (Tabla N°30 del Anexo).

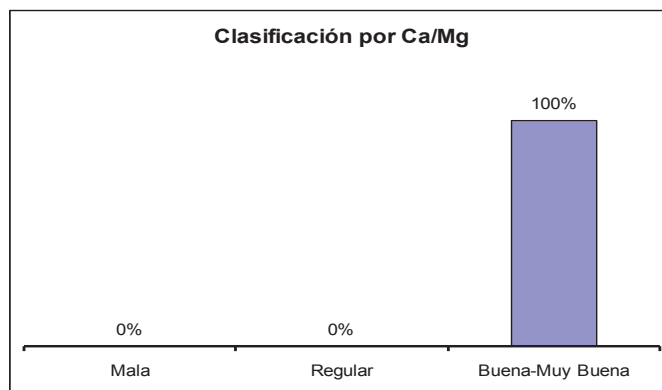


Figura V.71. Aguas superficiales para C.A. Clasificación por Ca/Mg (n=65).

pH: Las directrices indican que las aguas para consumo animal deben tener un rango de pH entre 6 y 8.5 (Tabla IV.14). En base a esto, el 98,5% del agua es considerada *Normal* para bebida animal (Figura V.72.), y solo el 1,5% está fuera de rango y es considerada como pH *Bajo* ya que presenta valores inferiores a 6 (Tabla N°31 del anexo).

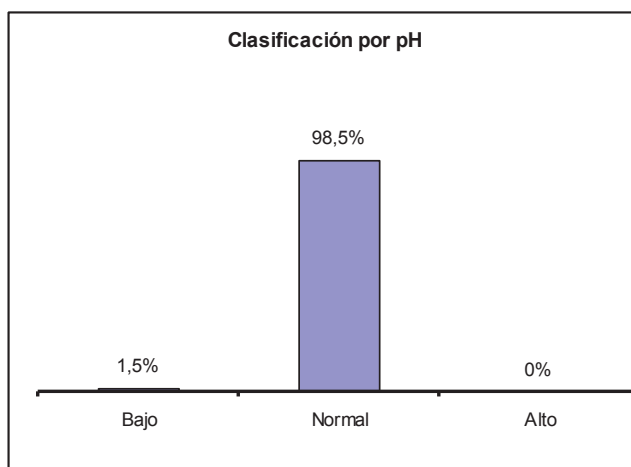


Figura V.72. Aguas superficiales para C.A. Clasificación por pH (n=65).

Carbonatos: En el caso de este índice el 100% es *Apta* para consumo animal (Figura V.73), ya que todas las muestras de agua tienen valores menores a 6 mg/l de

carbonatos (Tabla N°33 del Anexo), valores muy por debajo del considerado límite de aptitud (500 mg/l).

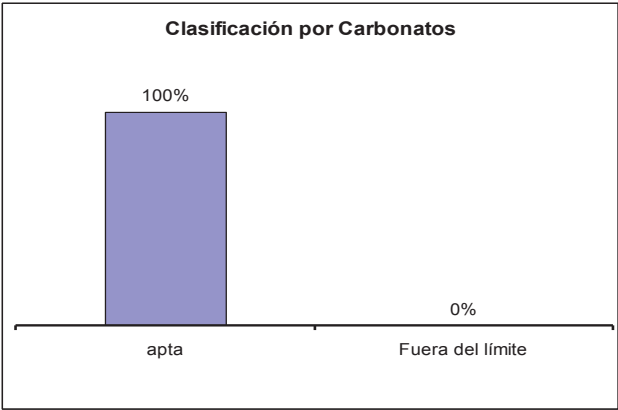


Figura V.73. Aguas superficiales para C.A. Clasificación según cloruros (n=65).

Bicarbonatos: El 100% del recurso superficial es *Apto* para consumo animal (Figura V.74), ya que todas las muestras de agua tienen valores menores a 600 mg/l de bicarbonatos (Tabla N°35), valores muy por debajo del considerado límite de aptitud (3000 mg/l).

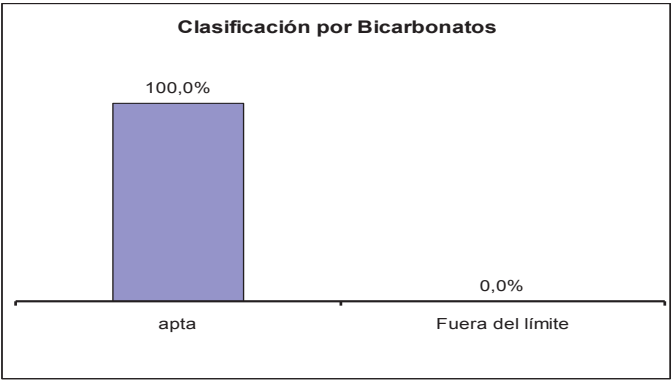


Figura V.74. Aguas superficiales para C.A. Clasificación según bicarbonatos (n=62).

Nitratos: Para este parámetro, también se observa que la totalidad de las muestras es *Apta* (Figura V.75), ya que todas las muestras de agua tienen valores menores a 6 mg/l de nitratos (Tabla N°37), valores muy por debajo del considerado límite de aptitud (100 mg/l).

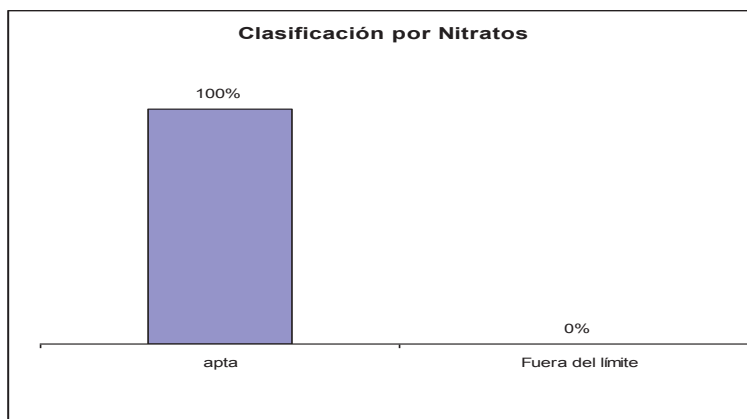


Figura V.75. Aguas superficiales para C.A. Clasificación según nitratos (n=60).

Nitritos: El 100% de las muestras son *Aptas* desde el punto de vista del contenido de nitritos (Figura V.76).

El valor considerado límite es de 10 mg/l, y la totalidad de las muestras presentaron valores menores a 2 mg/l (Tabla N° 39).

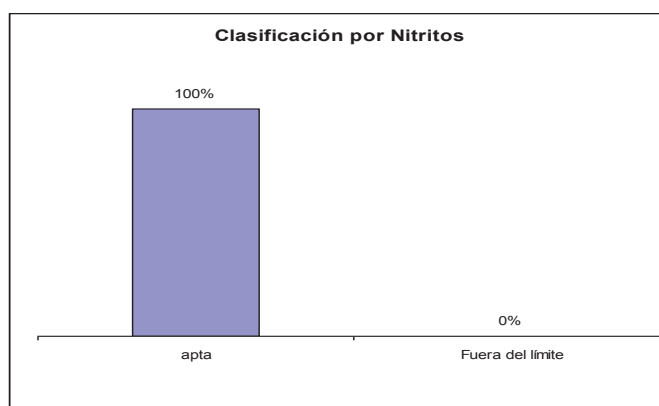


Figura V.76. Aguas superficiales para C.A. Clasificación según nitritos (n=58).

Sulfatos: El 91,7% del recurso el considerado de calidad *Muy buena*, un 5% es de *Buena* calidad y únicamente un 3,3% es *regular*, no encontrándose valores que lo califiquen como *No Apto* (FiguraV.77).

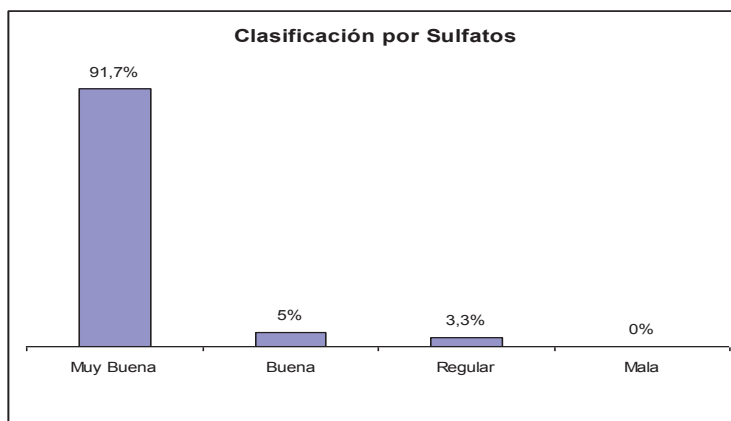


Figura V.77. Aguas superficiales para C.A. Clasificación según sulfatos (n=60).

Aptitud total para consumo animal: Haciendo una evaluación integral del total de muestras de aguas superficiales de la cuenca del A° Feliciano, se observa que en un 92,3% son *Aptas* para su uso como agua de bebida animal (Figura V.78.) y en el 7,7% restante, alguno de los parámetros evaluados anteriormente califica a este recurso, como *No Apto* para ese destino.

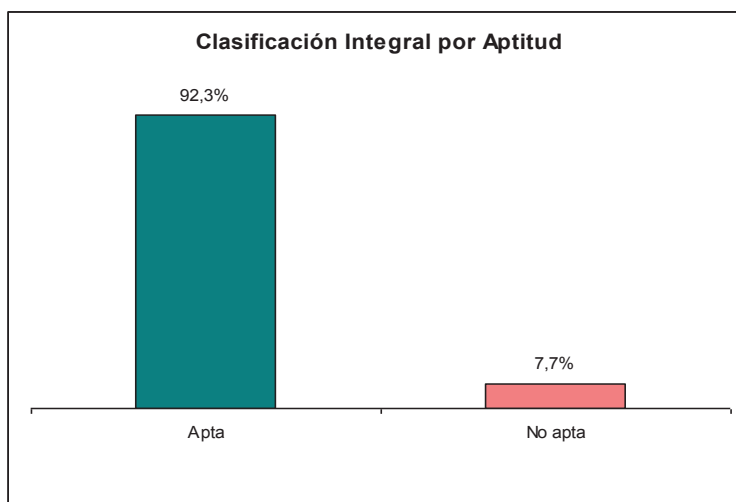


Figura V.78. Aguas superficiales para Consumo Animal. Clasificación integral por Aptitud considerando la totalidad de los parámetros evaluados anteriormente (n=65).

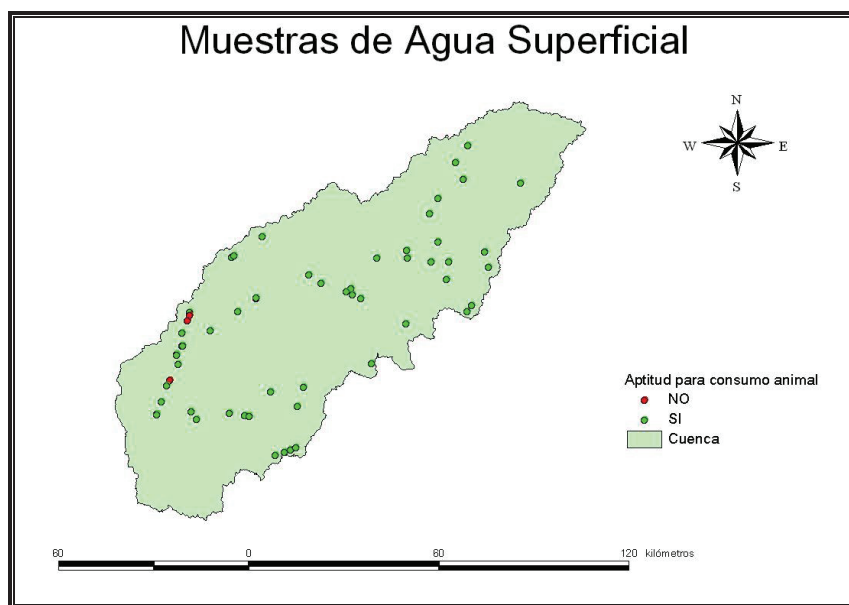


Figura V.79. Distribución geográfica de muestras de aguas superficiales de la cuenca según su aptitud para consumo animal (n=65).

V.2.6.2. Aptitud de Aguas Subterráneas

V.2.6.2.1 Aptitud para riego del agua subterránea

pH: El 89% de las muestras se clasifican dentro del rango *Normal*, según las directrices de Ayers y Westcot (1976), ya que presentan entre 6,5 y 8,4 (Tabla N° 43 y Figura N° 34.). Por otro lado, el 11% restante presenta valor *Alto* de pH, y ninguna muestra fue clasificada dentro del rango *bajo*.

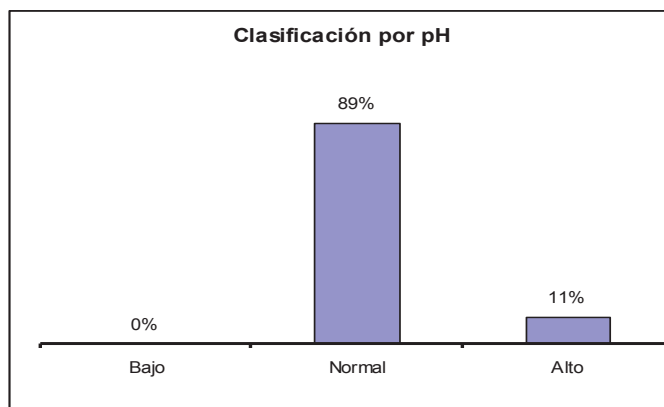


Figura V.80. Aguas subterráneas para Riego. Clasificación por pH (n=191).

Tabla V.28. Aguas subterráneas para Riego. Clasificación por pH (n=191).

pH	Clasificación	FR
<6,5	Bajo	0%
6,5-8,4	Normal	89%
>8,4	Alto	11%

Tablas y gráficos de distribución por rangos de pH, se pueden ver en el anexo (Tabla N° 44 y Figura N° 69).

Conductividad Eléctrica: En función de la clasificación de USDA-EEUU (Tabla IV.8.) se puede clasificar al agua subterránea de la región estudiada como de salinidad *Media a Alta*, ya que un 80,5% de las muestras se encuentran con valores entre 750 y 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Solo un 10,5% de las muestras pertenecen a las clases de salinidad *Moderada y Baja*, y un 9,5% comparten la categoría de salinidad *Alta a Muy Alta* (Figura V.81).

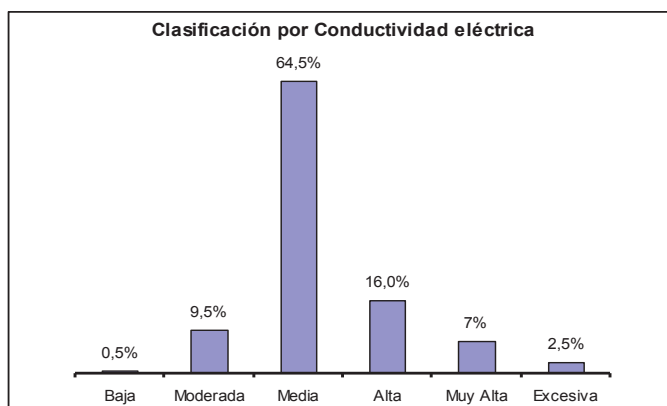


Figura V.81. Aguas subterráneas para Riego. Clasificación por C.E. (n=200).

Gráficos de distribución por rangos de salinidad se pueden ver en Anexo (Tabla N° 45 y Figura N° 70).

Relación de Adsorción de Sodio (RAS): Teniendo en cuenta que aguas con una RAS menor a 10 no generan riesgos de sodificación de suelos, y a partir de lo observado en la Figura V.82 se puede señalar que el 44,2% de las aguas subterráneas poseen una RAS menor a 10, y más de la mitad del recurso subterráneo posee un RAS mayor.

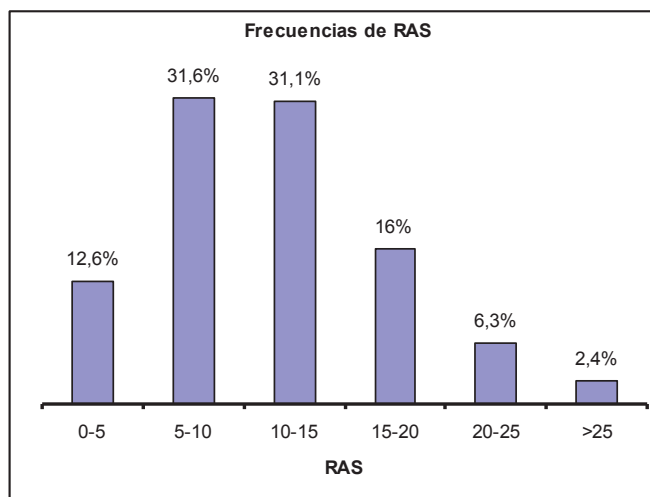


Figura V.82. Aguas subterráneas para Riego. Distribución de frecuencias por rangos de RAS (n=206).

Es importante agregar que la expresión original de RAS no tiene en cuenta la precipitación de sales de calcio por la presencia de bicarbonatos y, de este modo, se introduce error en la evaluación del peligro de sodificación.

Ras Ajustado: El 94,7% de las muestras *presentan limitaciones* para su uso en riego en cuanto a riesgo de sodificación de los suelos (Figura V.83). Un 5,3% posee *problemas crecientes* de uso y un 89,4% presentan *problemas graves* con valores de RAS_{ajus} mayores a 9. Solo un 5,3% no presentaría problema de uso.

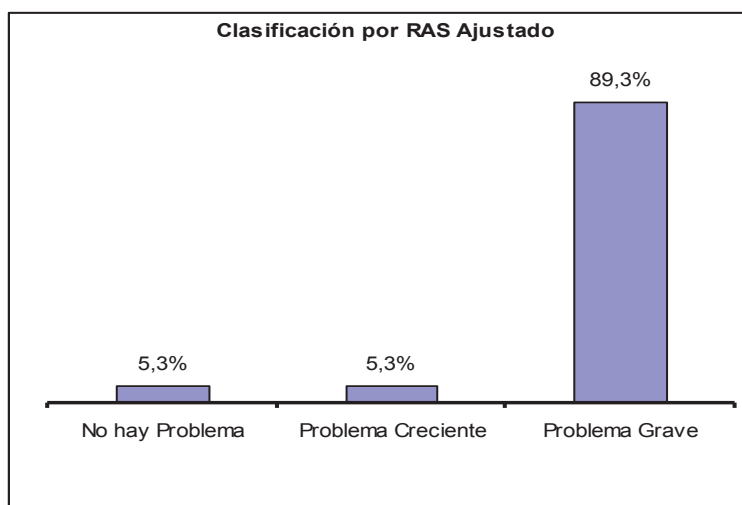


Figura V.83. Aguas subterráneas para Riego. Clasificación por Ras ajustado (n=206).

Carbonato de Sodio Residual: En el caso de este índice el 72% de las aguas son consideradas *No buena* para riego, ya que poseen valores de C.S.R. superiores a 2,5 meq/l. Solo un 7% es considerada como de aptitud *Dudosa* y un 20% *Buena*. (Figura V.84).

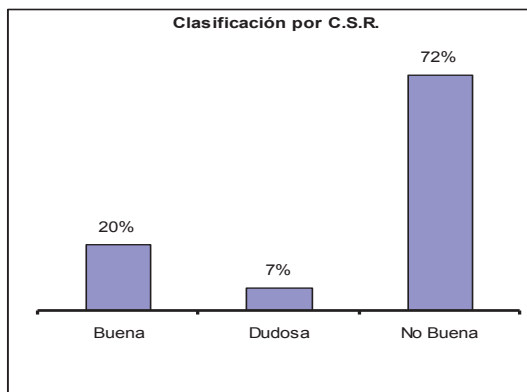


Figura V.84. Aguas subterráneas para Riego. Clasificación por C.S.R. (n=206).

Porcentaje de Sodio Soluble: El 88,3% de las muestras analizadas de aguas subterráneas de la cuenca poseen valores superiores a 60%, valor a partir del cual pueden producirse acumulaciones de sodio en el suelo con el consiguiente riesgo de destrucción de las propiedades físicas del mismo (Figura V.85). El 11,7% restante no presentaría riesgo de uso según la clasificación propuesta en la metodología (Tabla IV.11).

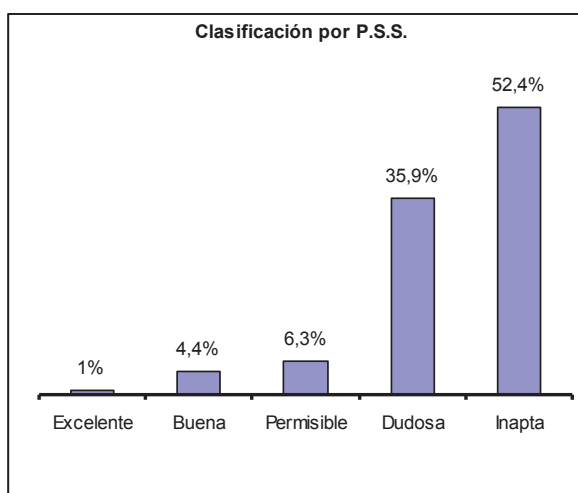


Figura V.85. Aguas subterráneas para Riego. Clasificación por P.S.S. (n=206).

Toxicidad por Cloruros: En las aguas subterráneas evaluadas no se presentan problemas de toxicidad para las plantas en un 68% (Figura V.86.) debido a que en este porcentaje poseen menos de 4 meq/l de cloruros. Por otro lado un 18,9% tendría un *problema creciente* y un 13,1% se clasifican como *Problema grave*.

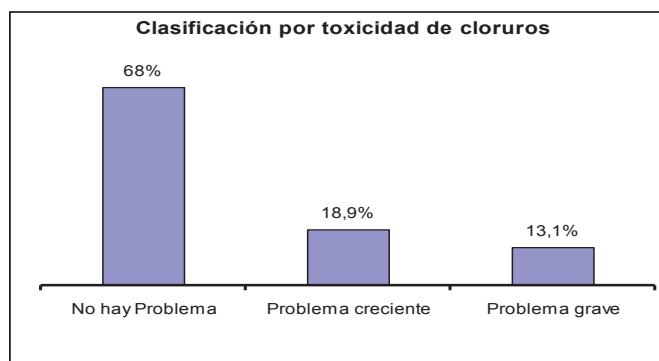


Figura V.86. Aguas subterráneas para Riego. Clasificación por Cloruros (n=206).

Aptitud Total para Riego: Haciendo una evaluación integral de las 206 muestras de aguas subterráneas de la cuenca del A° Feliciano, se observa que solo un 7,8% son *Aptas* para su uso como riego (Figura V.87.) y en el 92,2% restante, alguno de los parámetros evaluados anteriormente califica a este recurso, como *No Apto* para ese destino.

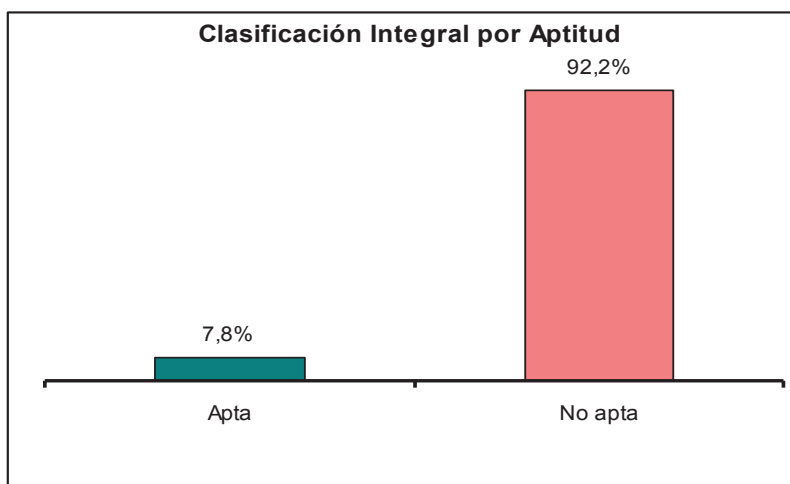


Figura V.87. Aguas subterráneas para Riego. Clasificación integral por Aptitud considerando la totalidad de los parámetros evaluados anteriormente (n=206).

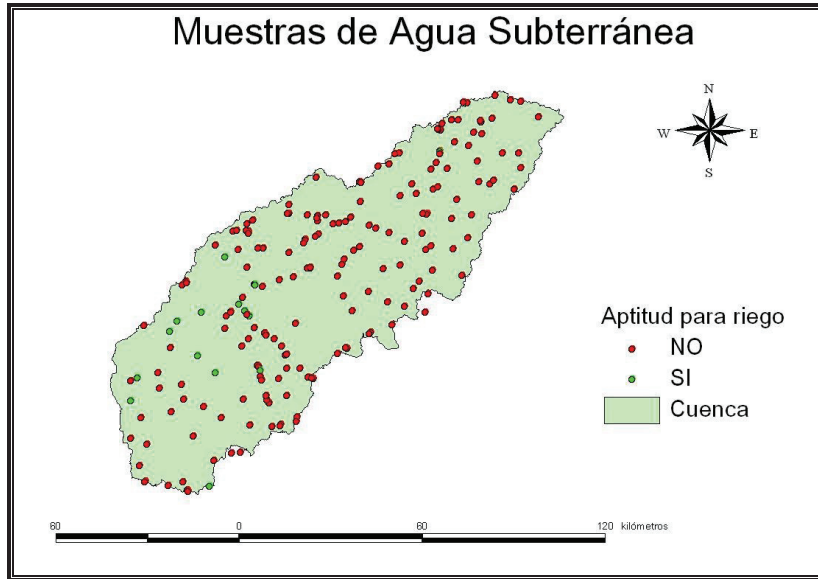


Figura V.88. Distribución geográfica de muestras de aguas subterráneas de la cuenca según su aptitud para riego (n=206).

V.2.6,2.2. Aptitud del agua subterránea para consumo animal

Conductividad Eléctrica:

En función de la clasificación propuesta en la metodología (Tabla IV.14.), y considerando que todas las muestras tuvieron valores de conductividad menores a 8000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Tabla N° 53 del anexo), se observa en la Figura V.89 que el 56% de las muestras es *Excelente*, el 38% es *Muy Satisfactoria* y el 6% restante se encuentra dentro del rango de *Satisfactoria* para bebida del ganado. Esto representa que el 100% de las aguas es *Apta* para este destino.

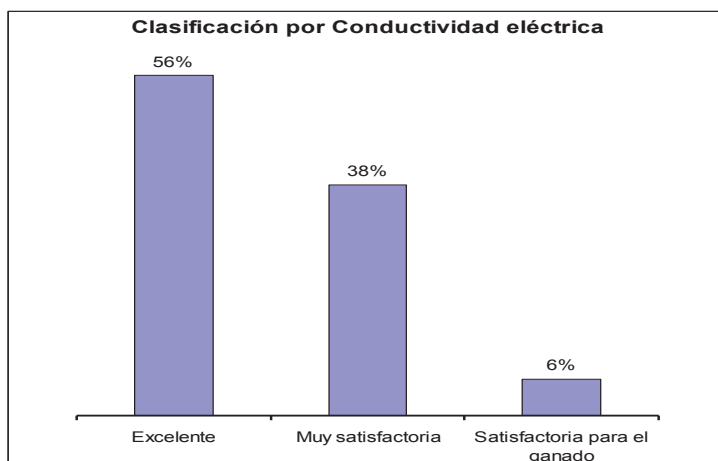


Figura V.89. Aguas subterráneas para C.A. Clasificación por C.E. (n=200).

Cloruros: El 100% del agua subterránea es *Apta* para bebida animal, ya que se ubica en el rango de *Muy Buena - Buena* (Figura V.90). En la N° 72 y Tablas N° 54 y 55 del anexo se observa que el total de muestras presenta valores menores a 1000 mg/l de cloruros.

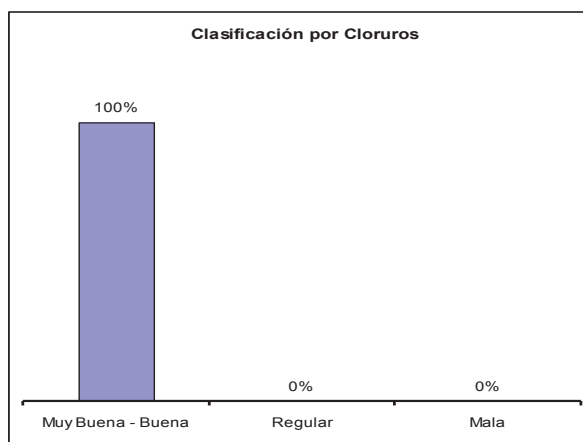


Figura V.90. Aguas subterráneas para C.A. Clasificación por Cloruros (n=206).

Relación Ca/Mg: Para este parámetro solo el 12,6% del agua subterránea se ubica en el rango de *Buena* a *Muy Buena* calidad, donde la relación es mayor a 2 (Tabla N° 56 del anexo). La mayor parte del recurso es de calidad *Regular* con el 75,2% de las muestras. El 12,1% restante se clasifica como de *Mala* aptitud para bebida animal (Figura V.91).

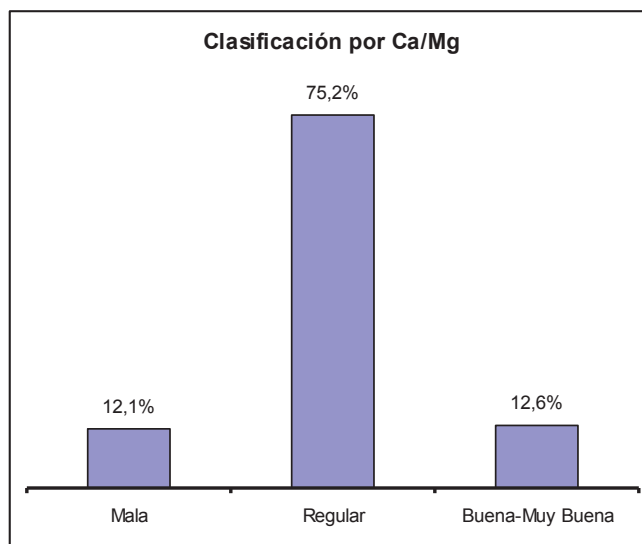


Figura V.91. Aguas subterráneas para C.A. Clasificación por Ca/Mg (n=206).

pH: Las directrices indican que las aguas para consumo animal deben tener un rango de pH entre 6 y 8.5 (Tabla IV.14). En base a esto, el 91,6% del agua es considerada *Normal* para bebida animal (Figura V.92), y solo el 8,4% está fuera de rango y es considerada como pH *Alto*, ya que presenta valores superiores a 8,5 (Tabla N° 57 del anexo).

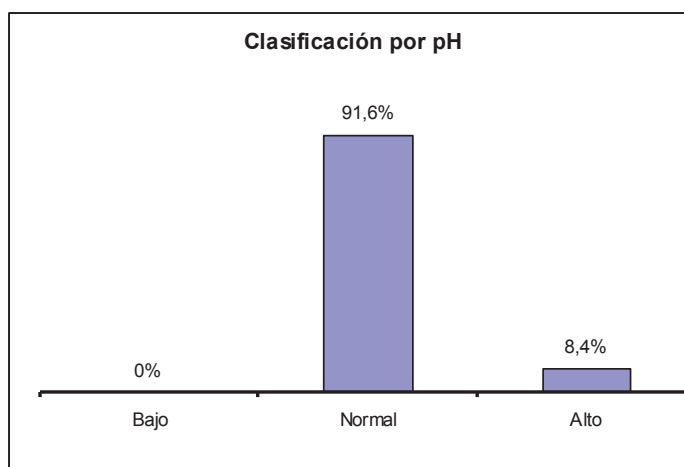


Figura V.92. Aguas subterráneas para C.A. Clasificación por pH (n=191).

Carbonatos: En el caso de este índice el 100% es *Apta* para consumo animal (Figura V.93), ya que todas las muestras de agua tienen valores menores a 120 mg/l de

carbonatos (Tabla N° 59 del Anexo), valores todos ellos por debajo del considerado límite de aptitud (500 mg/l).

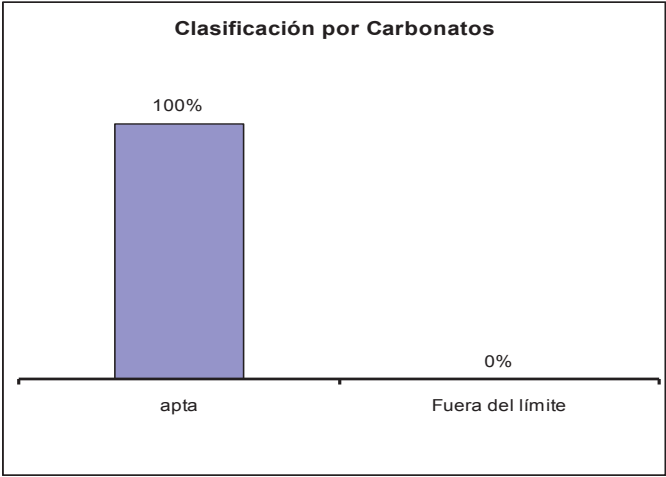


Figura V.93. Aguas subterráneas para C.A. Clasificación según cloruros (n=206).

Bicarbonatos: para este parámetro, el 100% del recurso subterráneo es *Apto* para consumo animal (Figura V.94), ya que todas las muestras de agua tienen valores menores a 1000 mg/l de bicarbonatos (Tabla N° 61), valores por debajo del considerado límite de aptitud (3000 mg/l).

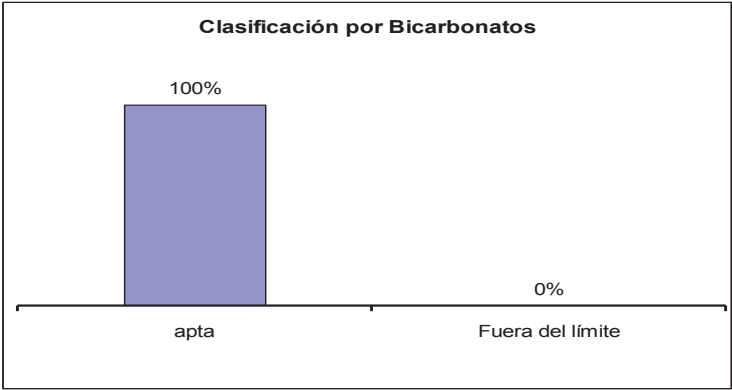


Figura V.94. Aguas subterráneas para C.A. Clasificación según bicarbonatos (n=206).

Nitratos: Para este parámetro, también se observa que la totalidad de las muestras es *Apto* (Figura V.95), ya que todas las muestras de agua tienen valores menores a 40 mg/l de nitratos (Tabla N° 64), valores todos ellos por debajo del considerado límite de aptitud (100 mg/l).

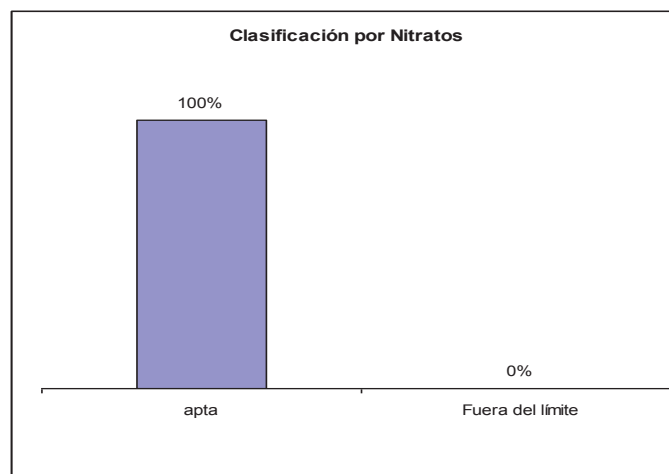


Figura V.95. Aguas subterráneas para C.A. Clasificación según nitratos (n=76).

Aptitud total para consumo animal: haciendo una evaluación integral de las 206 muestras de aguas subterráneas de la cuenca del A° Feliciano, se observa que en un 72,3% son *Aptas* para su uso como agua de bebida animal (Figura V.96) y en el 27,7% restante, alguno de los parámetros evaluados anteriormente califica a este recurso, como *No Apto* para ese destino.

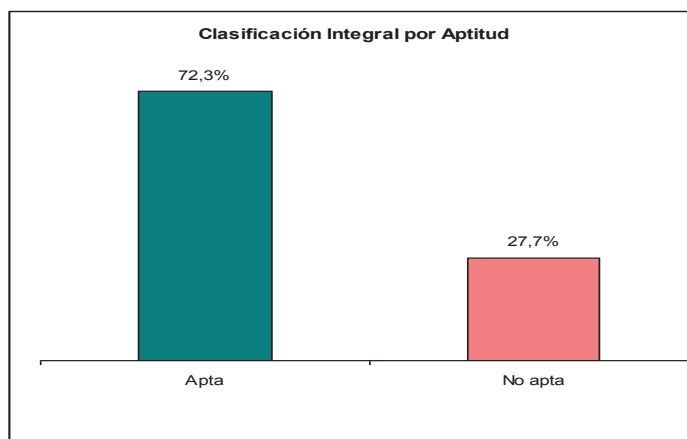


Figura V.96. Aguas subterráneas para Consumo Animal. Clasificación integral por Aptitud considerando la totalidad de los parámetros evaluados anteriormente (n=206).

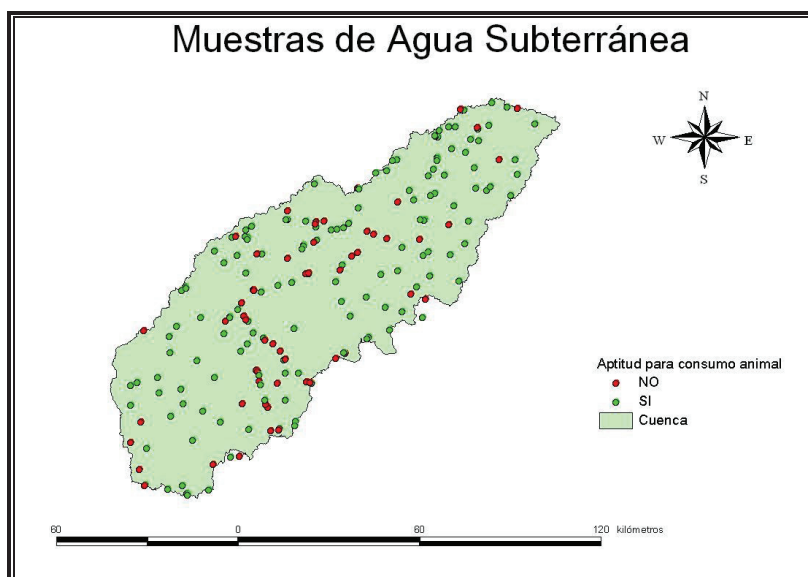


Figura V.97. Distribución geográfica de muestras de aguas subterráneas de la cuenca según su aptitud para consumo animal (n=206).

V.2.6.3. Aptitud del agua subterránea para consumo humano

pH: el 91,6% del recurso subterráneo es considerado *potable* si solo se considera el pH como único parámetro para calificarlo, ya que este porcentaje es el que se encuentra dentro del rango 6,5-8,5, valor considerado óptimo según el Código Alimentario Argentino. (Figura V.98 y Tablas 66 y 67 del Anexo).

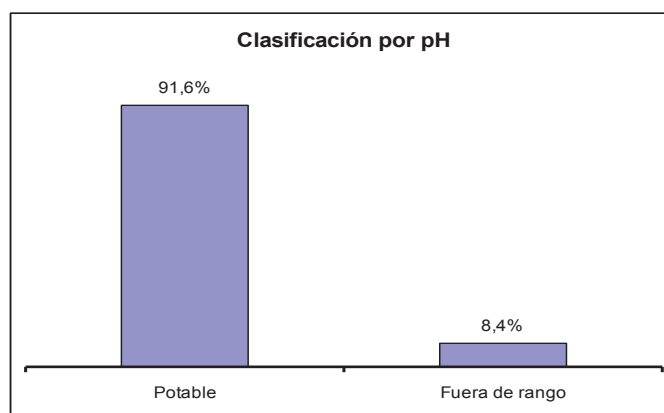


Figura V.98. Aguas subterráneas para C.H. Clasificación por pH (n=191).

Dureza Total: como se observa en el Figura V.99, si evaluamos la dureza total del recurso, nos encontramos que es potable en un 85,4%, ya que este porcentaje de

muestras, no superó los 400 mg/l, valor considerado límite (Tablas 68, 69 y Gráfico 57 del Anexo).

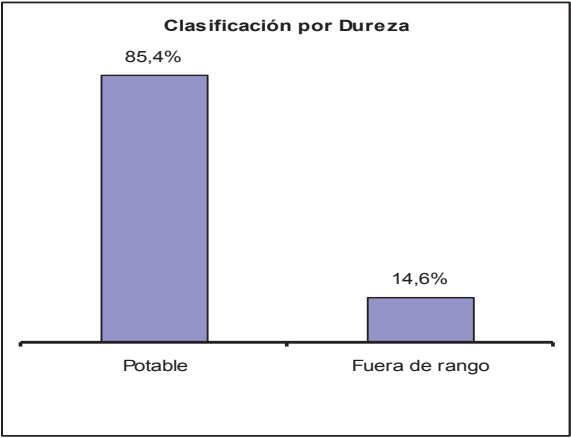


Figura V.99. Aguas subterráneas para C.H. Clasificación por dureza (n=206).

Cloruros: El 100% del agua subterránea es *potable* para consumo humano, ya que posee menos de 350 mg/l de cloruros en solución (Figura V.100). En la Figura N° 79 y Tablas N° 70 y 71 del Anexo, se encuentra la clasificación y distribución de frecuencias de los cloruros.

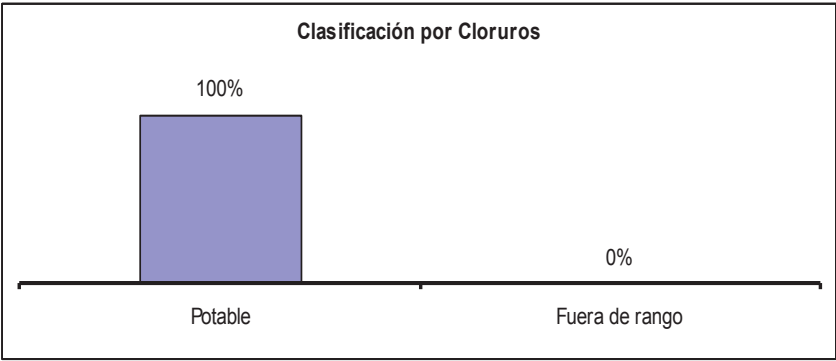


Figura V.100. Aguas subterráneas para C.H. Clasificación por Cloruros (n=206).

Nitratos: Para este parámetro, también se observa que la totalidad de las muestras es Potable (Figura V.101), ya que todas las muestras de agua tienen valores menores a 45 mg/l de nitratos (Tablas N° 72 y 73), considerado límite.

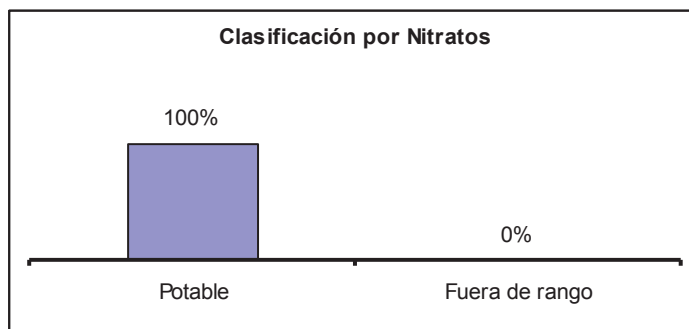


Figura V.101. Aguas subterráneas para C.H. Clasificación por nitratos (n=76).

Aptitud Fisicoquímica total para consumo humano: si consideramos en conjunto el total de parámetros fisicoquímicos evaluados hasta aquí, podemos observar que el 75,2% de las muestras es potable (Figura V.102). Por otro lado en el 24,8% restante, alguno de los parámetros evaluados anteriormente califica a este recurso, como *No Apto*.

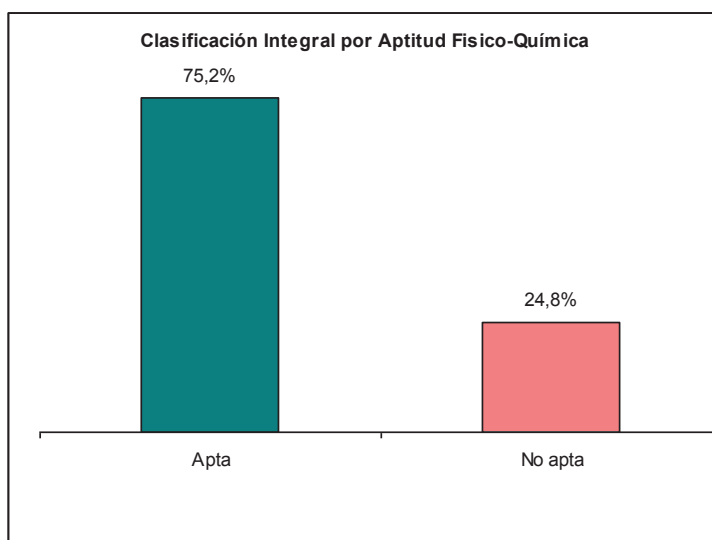


Figura V.102. Aguas subterráneas para Consumo Humano. Clasificación integral por Aptitud Fisicoquímica considerando la totalidad de los parámetros evaluados anteriormente (n=206).

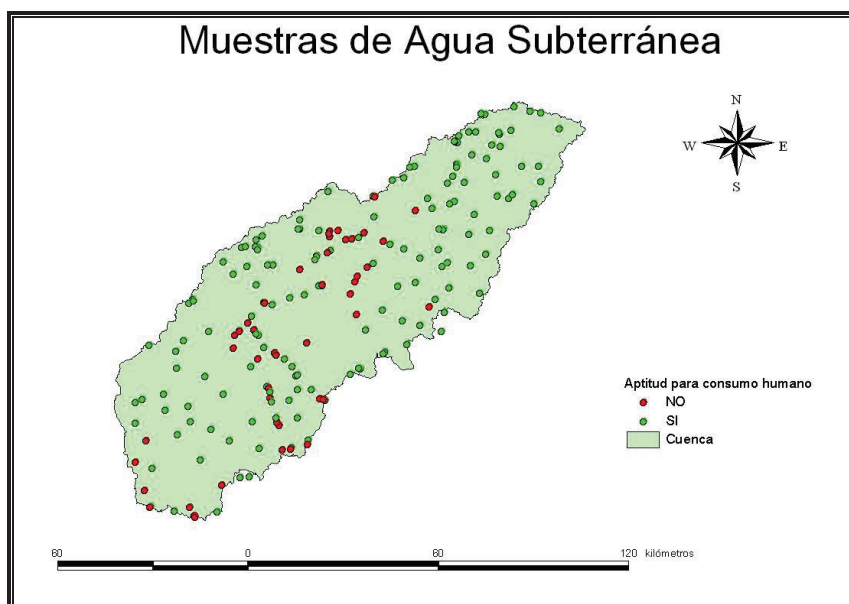


Figura V.103. Distribución geográfica de muestras de aguas subterráneas de la cuenca según su aptitud fisicoquímica para consumo humano (n=206).

Aptitud Bacteriológica total para consumo humano

Coliformes Totales: en el análisis bacteriológico realizado sobre muestras subterráneas de la cuenca, se halló que solo en un 9,2% se obtuvieron valores que se encuentran dentro del rango para ser considerada agua potable (Figura V.104). El 90,8% restante estaría fuera de rango según el C.A.A. donde los coliformes totales deben estar presentes en menos de 3 ufc/100 ml de agua.

***Escherichia coli*:** En cuanto a esta bacteria, como fue mencionado con anterioridad, no fue detectada en ninguna de las 20 muestras subterráneas analizadas.

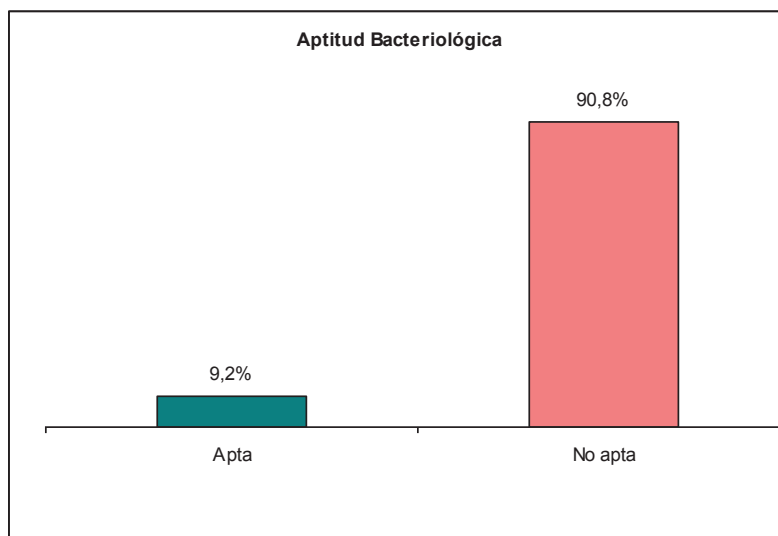


Figura V.104. Aguas subterráneas para Consumo Humano. Clasificación por Aptitud Bacteriológica según la presencia de coliformes totales (n=76).

En el Anexo (Figura N° 81 y Tabla N° 76), se puede observar la distribución de frecuencias de coliformes totales.

Conviene resaltar, como lo plantean Richards et al. (1996) que la contaminación de un pozo no refleja necesariamente la contaminación de un acuífero, ya que los pozos pueden contaminarse fácilmente por aporte local si tienen algún defecto de construcción. Este podría ser el caso de la zona en estudio, donde la mayor parte de los molinos de viento, son antiguos y poseen tuberías dañadas. Esto sumado a que el estudio fue realizado en época estival con importante déficit hídrico y en días sin viento, lo que llevó a un deficiente drenaje de las cañerías de los molinos de viento al momento de la toma de la muestra, podría explicar el grado de contaminación con coliformes.

V.2.7 Vulnerabilidad de los acuíferos

La descripción de los Suelos, como la Hidrogeología de la Cuenca del Arroyo Feliciano, que se ocupan en este método, han sido descriptas en el Estudio de la cuenca del Arroyo Feliciano, Capítulo III.

Suelos de la cuenca

En la cuenca en estudio se han reconocido suelos correspondiente a cinco ordenes, según el sistema de clasificación Soil Taxonomy: Vertisol, Alfisol, Molisol, Inceptisol y Entisol, en una proporción que se muestra en la Figura V.105. La información disponible en las Cartas de Suelos, en formato papel, de los Departamentos La Paz, Feliciano, Federal y Federación, generada por el Plan Mapa de Suelos INTA-Gobierno de Entre Ríos, se digitalizó mediante escáner y se georreferenció, convirtiéndose luego a formato vectorial, para llegar a obtener los polígonos correspondientes a cada una de las unidades taxonómicas reconocidas y estimar la superficie que ocupa en la cuenca cada una de ellas.

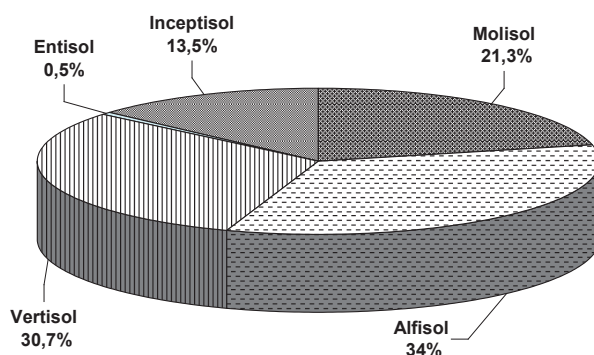


Figura V.105. Proporción de los suelos de la cuenca del Arroyo Feliciano a nivel taxonómico de Orden según Soil Taxonomy.

En la Tabla V.29 se muestra la superficie en hectáreas que ocupan las unidades taxonómicas reconocidas a nivel de Subgrupo y el porcentaje que representan en el total de la cuenca. Como puede observarse, hay un predominio de los suelos con características vérticas: Peludertes (30,7%), Ocracualfes vérticos (22%), Argiudoles vérticos (12%), Argiacuol vértico (5.1%). Estas características están relacionadas a la presencia de arcillas del grupo de las esmectitas, de relación 2:1 como la montmorillonita, de gran capacidad de absorción de agua, por lo que presentan mucha

variación de volumen entre su estado en húmedo y seco (expansión-contracción) y contribuye a que el perfil tenga drenaje deficiente en los períodos húmedos.

Tabla V.29. Unidades taxonómicas reconocidas a nivel de Subgrupo en la Cuenca del Arroyo Feliciano y superficie que ocupan en hectáreas y en porcentaje

Unidad Taxonómica: Subgrupo	Superficie	
	... ha	%
Argiacuol vértico	41.769	5,1
Argialbol típico	14.639	1,8
Argiudol ácuico	18.438	2,3
Argiudol vértico	99.548	12,1
Natracualfe típico	36.621	4,5
Ocracualfe mólico	43.355	5,3
Ocracualfe típico	18.007	2,2
Ocracualfe vértico	180.611	22,0
Peluderte argiacuólico	63.307	7,7
Peluderte árgico	50.278	6,1
Peluderte argiudólico	112.575	13,7
Peluderte mólico	26.224	3,2
Udifluvente ácuico	4.217	0,5
Haplacueptes-Halacueptes	110.289	13,5
	819.878	100

Hidrogeología del área

La Figura V.58 presenta un perfil geológico regional elaborado por Tujchneider y Fili (1988), parcialmente modificado para representar los primeros 100 metros de la columna, en los tramos de interés hidrogeológico regional y cuyos acuíferos son utilizados con fines consuntivos (agua potable, riego y abrevado de animales). Los límites de ambos sistemas acuíferos fueron incorporados como una capa al SIG.

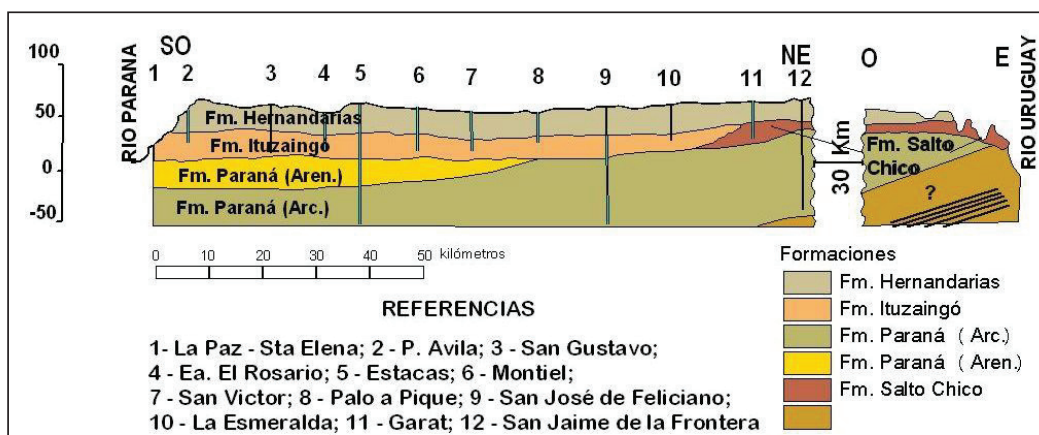


Figura V.106. Perfil Geológico Regional. (Parcialmente modificado de Tujchneider y Fili (1988)).

V.2.7 .1 Aplicación del Método DRASTIC

Se trabajó en la proyección cartográfica Gauss Krugger faja 5 wgs84. Con datos provenientes de estudios realizados por la Dirección de Hidráulica de la Provincia de Entre Ríos en contrato con el Consejo Federal de Inversiones - Etapa III; se elaboró un modelo digital correspondiente a la piezometría en el área de la cuenca y la capa raster para el SIG. (Figura V.107).

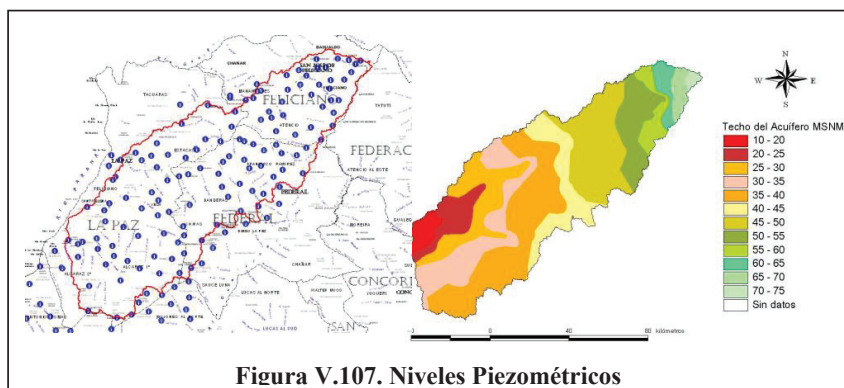
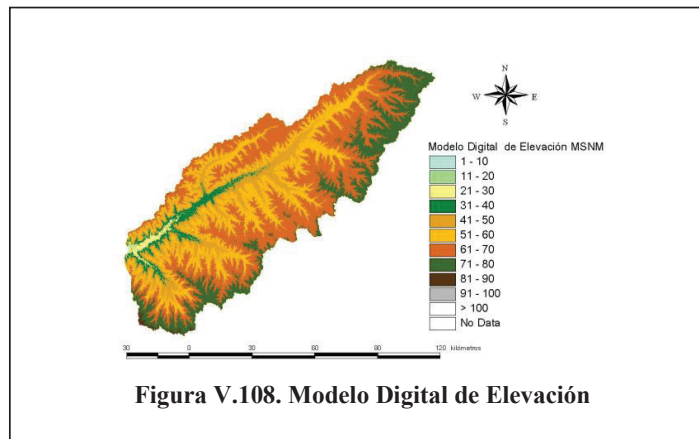
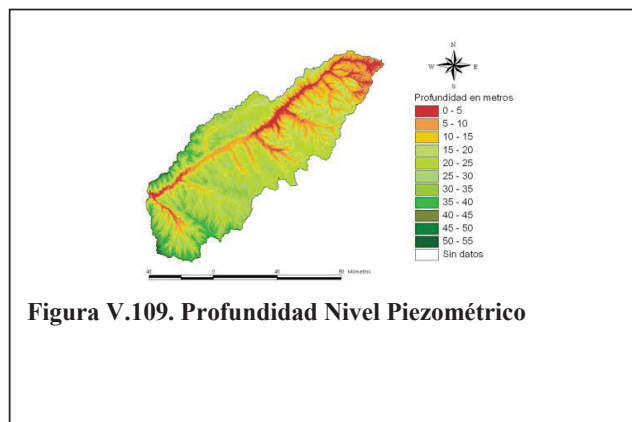


Figura V.107. Niveles Piezométricos

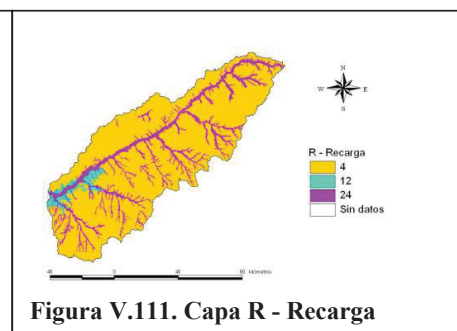
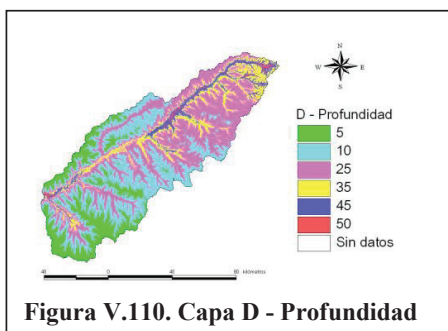
Se utilizaron datos producidos por el proyecto SRTM de la misión STS-99 de NASA en Febrero de 2000, y entregados a la National Geospatial-Intelligence Agency (NGA). Para elaborar el Modelo Digital de Terreno y obtener otra capa raster necesaria para los objetivos propuestos (Figura V.108).

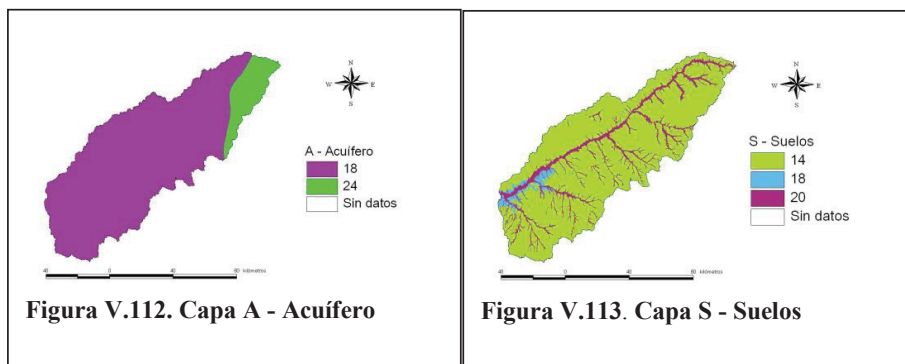


Mediante algebra de imágenes se restó la primera capa a la segunda y se obtuvo la capa raster de profundidad del nivel piezométrico. Luego se reclasificó la capa obtenida y se asignaron valores a los intervalos de profundidad del acuífero de acuerdo al método (Figura V.109).

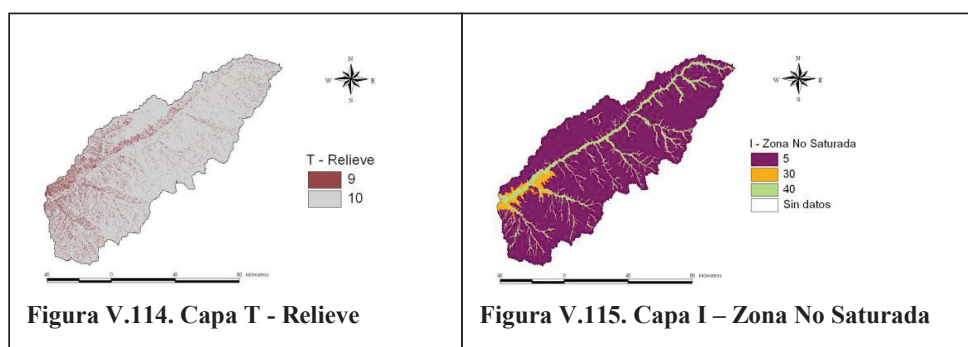


Asignando los valores ponderados, según Aller et al. (1987), se obtuvo la capa de profundidad del nivel piezométrico, correspondiente a la capa D, (Figura V.110). Luego se elaboró la capa R, correspondiente a la variable Recarga (Figura V.111).

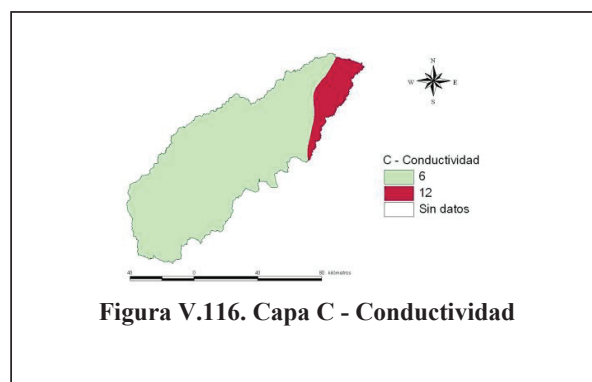




La capa T, correspondiente al relieve, se obtuvo a partir del Modelo Digital de Elevación realizado con datos de NASA, y National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) (Figura V.114). La capa I se realizó según los valores de Tabla V.30. (Figura V.115).



Y la capa C (Figura V.116), se construyó con la misma información de límites usada para la capa A (Figura V.112).



A partir de los datos de profundidad del nivel piezométrico, recarga, características de los acuíferos involucrada, suelo, relieve, zona no saturada y la conductividad hidráulica de los acuíferos se asignaron los valores, según las tablas elaboradas Aller et al. (1987), que se presentan en la Tabla V.30.

Tabla V.30. Asignación de los parámetros y pesos para el Método DRASTIC

Parámetro	Componente	Valor	Ponderador	Resultado
D.- Profundidad	Cota -Profundidad	1 a 10	5	5 a 50
R.- Recarga	Fm. Hernandarias	1	4	4
	Suelos Aluviales	3	4	12
	Lecho del Arroyo	6	4	24
A.- Acuífero	Fm. Salto Chico	8	3	24
	Fm. Ituzaingó	6	3	18
S.- Suelos	Fm. Hernandarias	7	5	35
	Suelos Aluviales	9	5	45
	Lecho del Arroyo	10	5	50
T.- Relieve	Pendiente 0 a 2%	10	3	30
	Pendiente 2 a 6%	9	3	27
I.- Zona no saturada	Fm. Hernandarias	1	4	4
	Suelos Aluviales	6	4	24
	Lecho de Arroyo	8	4	32
C.- Conductividad	Fm. Salto Chico	4	2	8
	Fm. Ituzaingó	2	2	4

Finalmente se sumaron las capas raster obtenidas anteriormente y se obtuvo el mapa de Vulnerabilidad General (Figura V.117.).

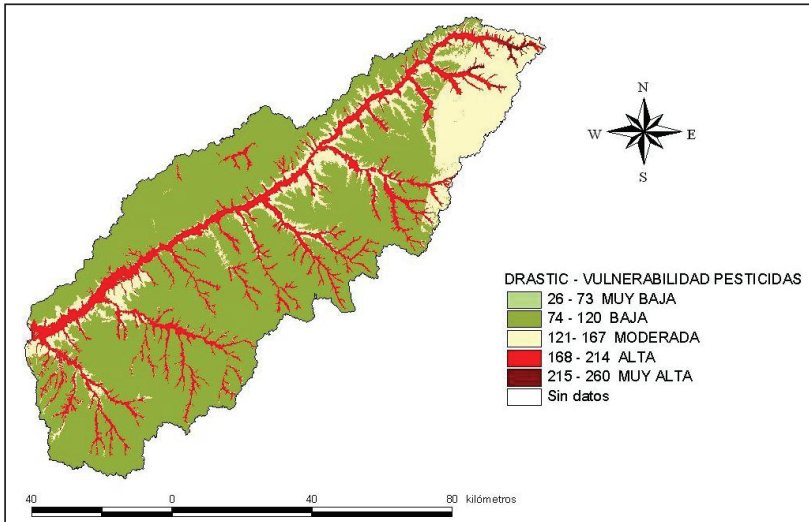


Figura V.117. Vulnerabilidad a Pesticidas del Acuífero. Método DRASTIC.

En la Figura V.118 se presenta el mapa de Vulnerabilidad del Acuífero determinado mediante el método DRASTIC, en el se puede observar que las condiciones de muy alta vulnerabilidad (0,25%), se manifiestan cerca de las nacientes del arroyo Feliciano, debida particularmente a la profundidad de los niveles piezométricos; alta vulnerabilidad se encontró en el cauce del curso principal y sus grandes afluentes, así como en el valle de inundación de los mismos, los que representan un 13% de la superficie total. Un 17,3% de la cuenca tiene moderada vulnerabilidad, en el área ocupada por la Formación Salto Chico y suelos aluviales, también observada en las zonas inmediatas al área de alta vulnerabilidad en ambas márgenes, a lo largo del curso principal y el resto de la superficie de la cuenca corresponde a baja vulnerabilidad (69,3%).

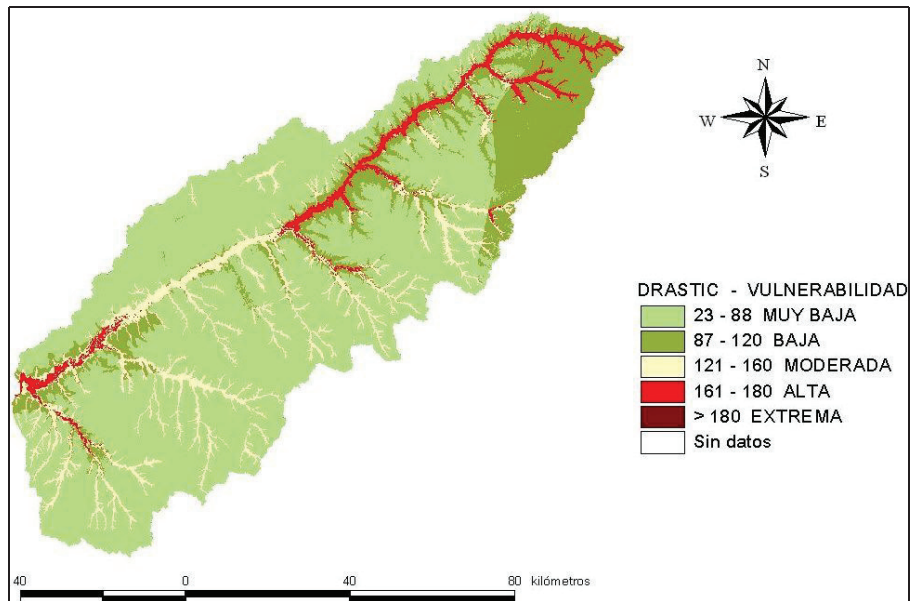


Figura V.118. Vulnerabilidad del Acuífero. Método DRASTIC.

V.2.7.2 Aplicación del Método GOD

Por reclasificación de la capa raster de profundidad del nivel piezométrico (Figura V.107) con valores del método GOD se obtuvo la capa D (Figura V.119).

También en formato raster se elaboró un mapa de tipo de acuífero asignándole valores del método GOD, para obtener la capa G (Figura V.120).

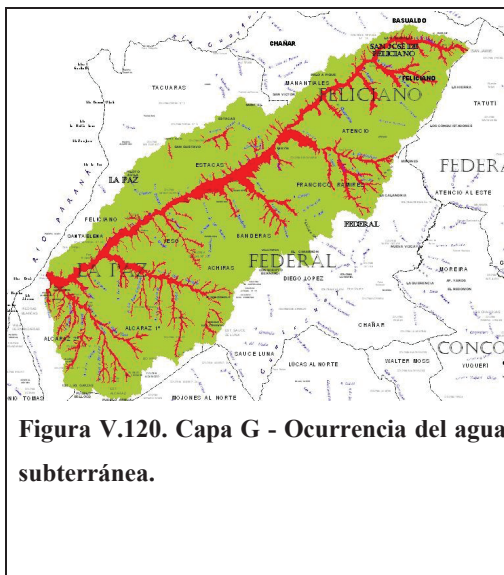


Figura V.120. Capa G - Ocurrencia del agua subterránea.

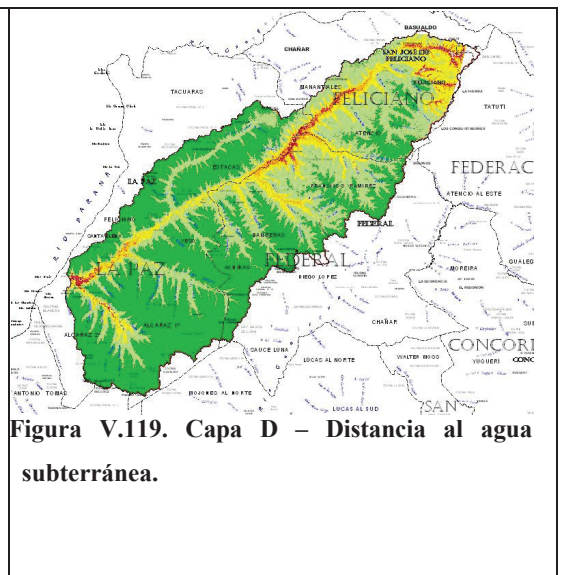


Figura V.119. Capa D – Distancia al agua subterránea.

Por último, con información de las Cartas de Suelos realizadas por el Plan Mapa de Suelos convenio INTA Prov. E.R. se hizo un mapa del tipo de acuitardo, con los valores del método GOD (Figura V.121.).

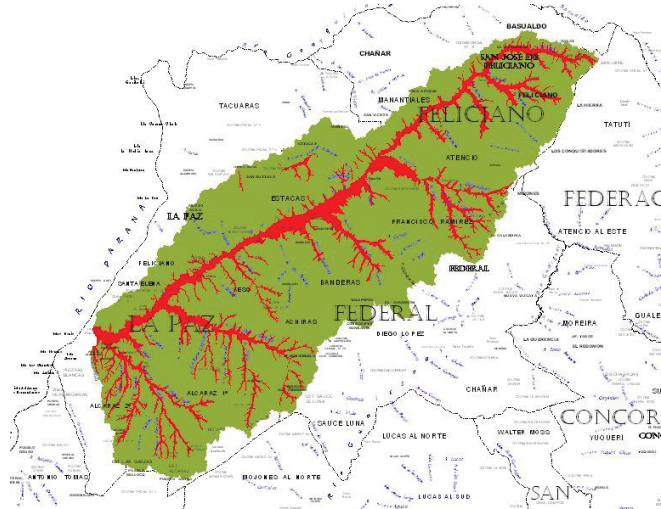


Figura V.121. Capa O - Substrato litológico.

A partir de los datos de profundidad del nivel piezométrico, características de los acuíferos y de la zona no saturada se asignaron los valores, de acuerdo a las tablas elaboradas por Foster et al. (1987), que se presentan en la Tabla V.31.

Tabla V.31. Asignación de los parámetros y pesos para el Método GOD.

PARÁMETRO	COMPONENTE	VALOR
G.- Tipo de Acuífero	Fm. Salto Chico	0,4
	Fm. Ituzaingó	0,4
	Lecho del Arroyo	1,0
O.- Sustrato	Fm. Hernandarias	0,6
	Suelos Aluviales	0,6
	Lecho del Arroyo	0,8
D.- Profundidad	Cota -Profundidad	0,5 a 0,9

Se multiplicaron las tres capas raster necesarias para la aplicación del método y se obtuvo el Mapa de Vulnerabilidad a la Contaminación del Acuífero en el Área del la Cuenca del A° Feliciano (Figura V.122). En él se puede observar que las condiciones de extrema vulnerabilidad se producen en la zona del cauce del curso principal y sus afluentes, así como en el valle de inundación de los mismos, lo que representa un 7% de la superficie total. Por otra parte, la mayor superficie de la cuenca se encuentra con un muy bajo riesgo de vulnerabilidad (93%).

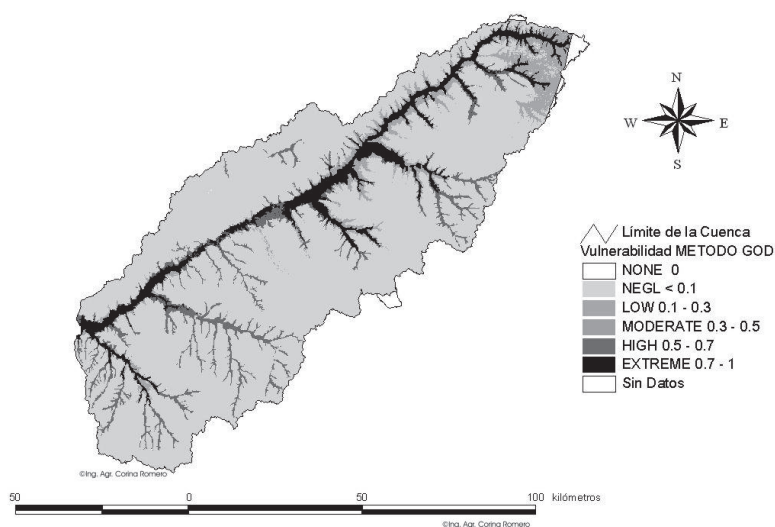


Figura V.122. Mapa de Vulnerabilidad del Acuífero. Método GOD.

V.3 Cambio en el uso y pérdida de suelo a nivel de cuenca

En relación al cálculo y representación espacial de las variables se puede expresar que: para el factor R de la cuenca se partió del mapa elaborado por Scotta (1986) con el agregado de dos localidades: Federal y La Paz, a partir del cual se confeccionó la capa raster correspondiente. El factor LS se obtuvo mediante la aplicación de la extensión para ArcView desarrollada por Smith et al. (2003), usando un Modelo Digital del Elevación (tamaño de celda 80 m) a partir de los datos del Proyecto SRTM de la NASA. El factor C se obtuvo aplicando una serie de valores tabulados para cada tipo de cobertura vegetal y cada uso de la tierra, obteniendo una capa raster para el factor mencionado. Los factores K fueron adoptados a partir de la

tabla propuesta por Scotta (1986), donde presenta este factor para los distintos órdenes y series de suelo. En esta aplicación se tomaron las series más representativas con sus correspondientes valores de K. Mediante imágenes satelitales de alta resolución se determinaron los lotes con prácticas conservacionistas (terrazas), dando lugar a una nueva capa que fue representativa del valor del factor P (adoptados de Scotta, 1986.).

Se obtuvieron las capas raster para cada factor y se aplicó la ecuación USLE, obteniendo, como resultado final, el mapa de pérdida de suelo en tn/ha/año, Figura V.123.

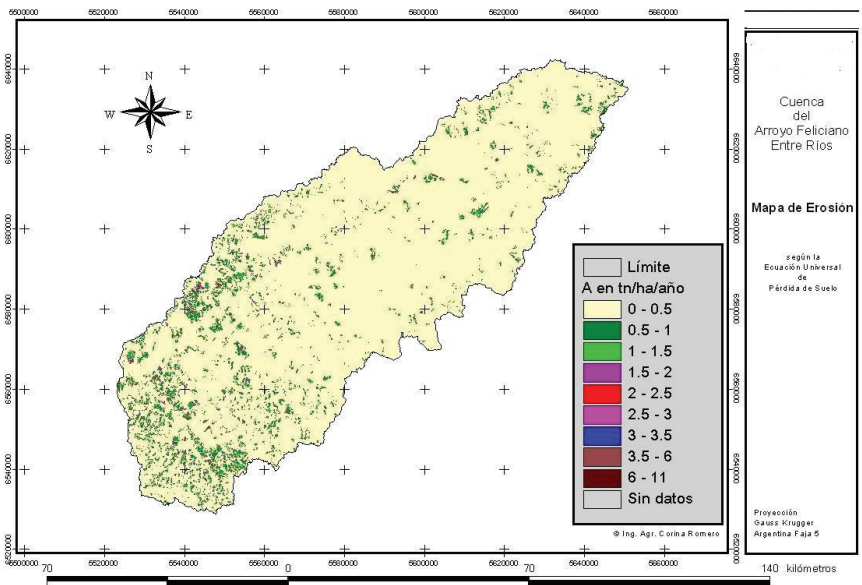


Figura V.123. Mapa de Pérdida Anual por Erosión Hídrica de la Cuenca del Arroyo Feliciano.

V.4 Los Bosques Nativos de la Cuenca del Arroyo Feliciano

Cabe mencionar que esta parte del trabajo correspondiente a los bosques nativos de la Cuenca, se enmarca dentro de otro de mayor dimensión, en la provincia de Entre Ríos, donde además de los bosques, se realizó el estudio de otras coberturas como, la forestación, citricultura, cultivos extensivos, tierras agropecuarias, vegetación higrófila, caminos, asentamientos urbanos, entre otros, en el Trabajo Final de Tesis de Postgrado. *“Estudio multitemporal del cambio en la superficie de los bosques nativos de la provincia de Entre Ríos mediante Teledetección y Sistemas de Información Geográfica”*, de la autora de esta Tesis Doctoral.

V.4.1 Criterios utilizados para la clasificación de bosques

Los resultados obtenidos surgen de haber realizado una serie de métodos, como la Clasificación: No Supervisada y Supervisada, Análisis multitemporal, Álgebra de imágenes y la Interpretación visual con la correspondiente verificación a campo (Figura V.124).

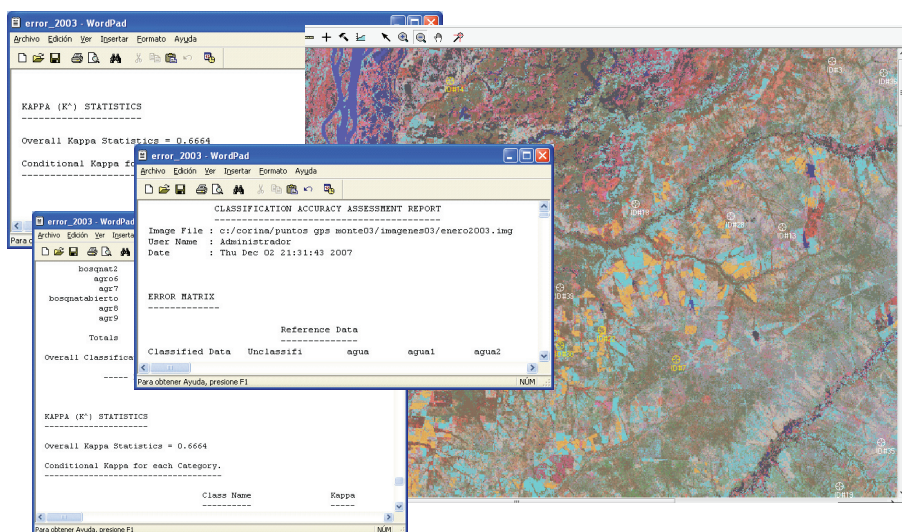


Figura V.124. Vista parcial de procesos de evaluación de la precisión de las clasificaciones Digitales con puntos de control tomados a campo. Fuente: elaboración propia.

V.4.2 Campañas de medición

Mediante la utilización del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), a través de un navegador Garmin, se pudo localizar geográficamente cada una de las coberturas digitalizadas.

Para el relevamiento de bosques, se tomaron datos de 50 sitios de verdad terrestre en diversas comisiones a campo, efectuadas en el 2003 y nuevamente visitados los mismos sitios en el 2006.

De los datos obtenidos del trabajo a campo la información fue volcada a una base de datos con extensión dbf utilizando un software adecuado (Anexo).

Se utilizaron los 50 puntos del relevamiento terrestre para la realización de los tratamientos de verificación de la precisión de los procesamientos digitales,

obteniéndose el Índice Kappa con valores entre 0.66 y 0.77 para las diferentes imágenes analizadas.

Siguiendo la categorización para la Clasificación de bosques del FRA 2000/2005, se digitalizaron capas vectoriales en forma de figuras poligonales, para representar las superficies ocupadas por las distintas cubiertas vegetales.

Surge así la categorización de los bosques nativos, presentes en la Cuenca.

V.4.3 Clasificación de los Bosques Nativos

Del resultado del procesamiento de las imágenes se obtuvieron capas vectoriales en forma de figuras poligonales las cuales representan las áreas ocupadas por cada categoría de vegetación natural siguiendo la mencionada Clasificación, detalladas a continuación.

Bosque natural: Formación compuesta por árboles autóctonos, no plantados por el hombre. En otras palabras, son bosques que excluyen las plantaciones. Los bosques naturales se clasifican además siguiendo los siguientes criterios: formación boscosa (o tipo): cerrada /abierta grado de intervención humana composición de las especies (Figura V.125).



Figura V.125. Bosque Natural Cuenca del Arroyo Feliciano.

Bosque natural cerrado: Son las formaciones donde los árboles de distintas alturas y el sotobosque (arbustos) cubren gran parte del terreno ($> 40\%$). Se trata de bosques primarios o en estado avanzado de reconstitución, que pueden haber sido cosechados una o varias veces, pero que han conservado sus características de rodales forestales, posiblemente con una estructura y composición modificadas FRA 2000 (FAO, 1998) (Figura V.126).



Figura V.126. Bosque Natural Cerrado.

Bosque natural abierto: Son formaciones con una distribución discontinua de árboles, pero con una cobertura de copa de al menos 10 por ciento y menos del 40 por ciento. Generalmente hay una cubierta continua de pasto, que permite el pastoreo y la propagación de incendios, modificado de FRA 2000 (FAO, 1998). Además, se diferencia del bosque alterado porque la altura, diámetro y edad de los árboles es más o menos uniforme, casi libre de arbustos (Figura V.127).



Figura V.127 Bosque Natural Abierto.

Vegetación ribereña: corresponde a la selva en galería, encontrada en la cuenca.

Selva en galería: con más de un estrato de árboles, lianas, epifitas y helechos (Figura V.128).



Figura V.128 Selva en galería, Arroyo Chañar.

Bosque natural alterado: Incluye a diversas formas de bosques secundarios formados después de la explotación de bosques primarios (FAO, 1998). Pueden presentarse árboles añosos conviviendo con ejemplares rebrotados luego de las talas y con plantas jóvenes. Los árboles pueden encontrarse también aislados dentro de pastizales nativos (Figura V.129).



Figura V.129. Bosque Natural Alterado.

V.4.4 Utilización de Símbolos Fitosociológicos

En cada uno de los sitios de bosque relevados se describió la referencia y características de cada categoría de bosque hallado. En una planilla consta nombre científico de cada especie, nombre vulgar, y carácter (Símbolos Fitosociológicos). Se obtuvieron los símbolos fitosociológicos, para cada una de las especies relevadas a campo, como se dijo son dos, de los cuales, el primero indica la Escala de abundancia-dominancia, y el segundo la Escala sociabilidad.

Como ejemplo, a continuación, se detalla uno de los sitios: Punto 50, el resto de la información, se detalla en el Anexo.

Punto 050

Referencias: Camino de tierra a la izquierda de ruta 127, después de la entrada a Alcaraz

Descripción: Bosque Natural Alterado, a ambos lados del camino de tierra, renoval cerrado, es un renoval de una altura en general de 4-5 m. con ejemplares aislados de mayor altura y diámetro. El monte tiene abundante caranday y está sumamente enmalezado con chilcas, Se aprecian cortes selectivos que han discriminado los árboles a cortar. Es muy difícil transitar por el citado enmalezamiento con arbustos.

Especies:	Nombre Vulgar	Carácter.
<i>Acacia caven</i> (Molina) Molina	“espinillo, aromito”	2.3
<i>Baccharis notoserghila</i> Griseb.	“carquejilla”	1.3
<i>Baccharis punctulata</i> DC.	“chilca”	3.4
<i>Buddleja stachyoides</i> Cham. & Schltdl.		+1
<i>Celtis tala</i> Gillies ex Planch.	“tala”	1.2
<i>Eryngium paniculatum</i> Cav. & Dombey ex F. Delaroche	“falso caraguatá”	1.3
<i>Eupatorium laevigatum</i> Lam.	“chilca”	1.3
<i>Prosopis nigra</i> (Griseb.) Hieron	“algarrobo negro”	2.3
<i>Schizachyrium paniculatum</i> (Kunth) Verter	“paja colorada”	1.3
<i>Trithrinax campestris</i> (Burmeist.) Drude & Griseb.	“caranday”	1.2

V.4.5 Identificación de especies arbóreas y herbáceas en los bosques de la Cuenca

Con el relevamiento a campo se logró la ubicación espacial de las especies vegetales correspondientes a las distintas coberturas de la Cuenca del Arroyo Feliciano. Además sirvió para determinar el estado actual y caracterización de las especies que conforman los bosques y selva en galería de la Cuenca.

De los sitios visitados, en el año 2003 y nuevamente en el 2006, se obtuvieron: Nombre científico y vulgar de la mayoría de las especies encontradas, Caracterización Fitosociológica en las escalas de Abundancia-Dominancia y Sociabilidad y fotografías a nivel paisaje e individuales correspondientes a las especies de mayor interés.

Respecto a los árboles encontrados en 11 de los sitios; se hallaron *Acacia caven* “espinillo”, “aromito”, en 10, *Celtis tala* “tala”, en 12, *Prosopis nigra* “algarrobo negro”, en 7, *Myrcianthes cisplatensis* “guayabo colorado, en 9, *Prosopis affinis* “ñandubay”, fueron: y en 5 sitios *Geofroea decorticans* “chañar”. Mientras que arbustos como las “chilcas” *Baccharis* en más de 23 sitios.

En 11 de los sitios relevados pastos se reconocieron pastos como la *Stipa spp*, en 5, *Paspalum dilatatum*; y en 7 sitios *Piptochaetium stipoides* “flechilla mansa”, entre otros.

En cuanto a las hierbas: *Dichondra repens* “orejita de ratón, se halló en 5 sitios; *Oxalis predicaría*, en 7; *Eryngium paniculatum* “falso caraguatá”, en 8; *Soliva anthemifolia*, en 2 y *Dolichandra cynanchoides*, en 4.

Se encontró una enredadera que se creía extinguida, *Chaetocalyx nigricans* Burkart, la cual estaba en el Arroyo Chañar.

V.4.6. Superficie de bosques

Los mapas vectoriales finales son producto de la interpretación visual, la clasificación digital y el álgebra de imágenes realizadas con verdad de campo.

Así se obtuvieron los mapas de la Cuenca del Arroyo Feliciano, los cuales muestran las diferentes coberturas relevadas para los años 2003 y 2006, respectivamente (Figura V.130).

En la Figura.V.130 se pueden diferenciar tierras agropecuarias, cultivos extensivos, pajonales represas y el área ocupada por las categorías de bosques naturales y selva en galería en la cuenca del Arroyo Feliciano.

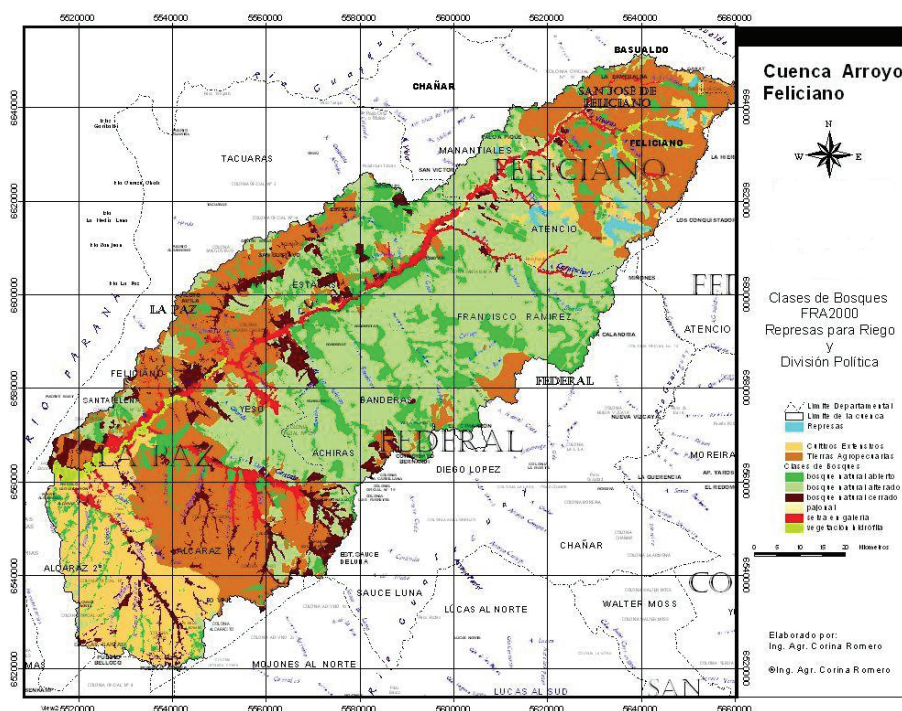


Figura V.130 Coberturas de la Cuenca.

En la Tabla V.32 se muestran las superficies que ocupan las distintas Categorías de Bosques Nativos, y selva en galería, por Departamento pertenecientes a la Cuenca del Arroyo Feliciano. En el 2003, la cuenca tenía 533.820,328 ha y en el 2006 tenía 519.695,983 ha de las mismas categorías de vegetación natural.

La superficie de bosques desmontados, en la Cuenca, entre los años mencionados fue de 14.124,545 ha.

Los valores de las áreas desmontadas para cada una de las Categorías de bosques, del 2003 al 2006, pueden observarse también en la Tabla V.32, donde la mayor diferencia de superficie desmontada se da para los bosques naturales alterados, con 7567,689 ha, luego le siguen el bosque natural abierto, con una disminución de 3929,308 ha, el bosque natural cerrado con 2007,043 ha, y la selva en galería, con 620,375 ha. No se encontró en el relevamiento la categoría bosque natural no alterado.

Tabla V.32. Diferencia de superficies desmontadas de los bosques nativos por categoría en los años 2003-2006. Fuente: elaboración propia.

DEPARTAMENTO	OCUPACIÓN	HECTAREAS AÑO 2003	HECTAREAS AÑO 2006	DIFERENCIA
FEDERAL	bosque natural abierto	61601,777	61034,475	567,302
	bosque natural alterado	134013,638	133023,501	990,137
	bosque natural cerrado	7136,916	6810,016	326,900
	selva en galería	1584,954	1584,954	0,000
FELICIANO	bosque natural abierto	15383,406	15033,258	350,148
	bosque natural alterado	62757,011	60578,597	2178,414
	bosque natural cerrado	1371,589	1363,471	8,118
	selva en galería	5937,187	5901,719	35,468
LA PAZ	bosque natural abierto	67305,438	64293,58	3011,858
	bosque natural alterado	116041,04	111641,902	4399,138
	bosque natural cerrado	37414,836	35742,881	1671,955
	selva en galería	23272,536	22687,629	584,907
		533820,328	519695,983	14124,345

En la Figura V.131 puede observarse que el Departamento La Paz, es el que mayor superficie de desmonte ha tenido con 9656,171 ha, luego Feliciano con 2593,333 ha y Federal con 1893,841 ha.

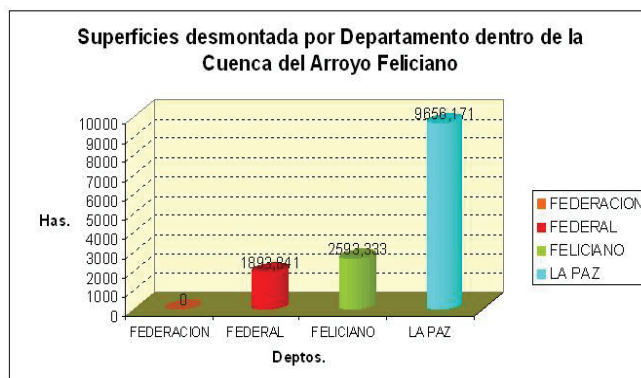


Figura V.131. Superficies desmontadas por Departamento, Cuenca Arroyo Feliciano, entre 2003

La participación porcentual de cada Departamento en el desmonte de la Cuenca, siendo La Paz el que mayor porcentaje presenta, se muestra en la Figura V.132.



Figura V.132. Participación porcentual de Cada Departamento en el desmonte de la Cuenca.

En la Figura V.133, se detalla la superficie de cada uno de los Departamentos en la Cuenca. Cabe aclarar que también una parte del Dpto. Federación está en la Cuenca, pero no posee bosques nativos en dicha área.

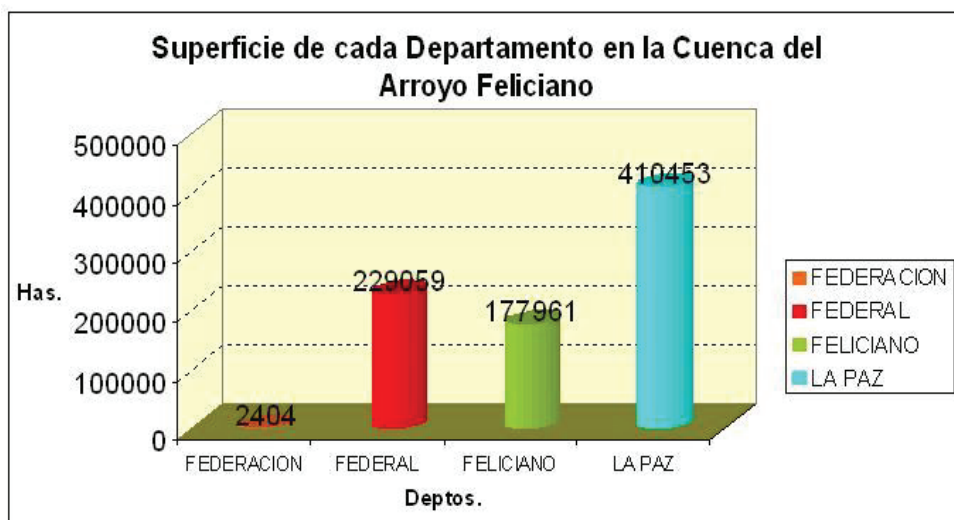


Figura V.133. Superficie de cada Departamento de la Cuenca.

Las áreas que han sufrido el desmonte en los Departamentos de la Cuenca se muestran en la Figura V.134.

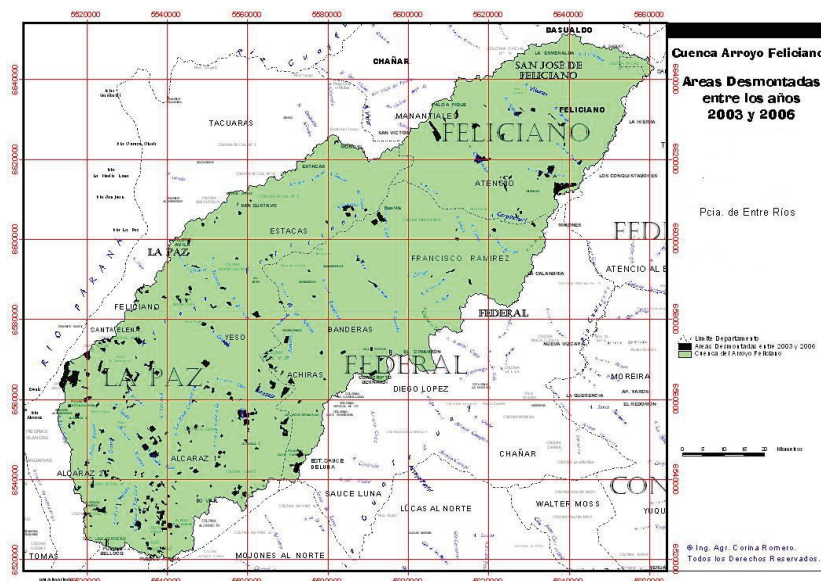


Figura V.134. Áreas desmontadas en la Cuenca del Arroyo Feliciano, entre el 2003 y 2006

Los Grandes grupos de suelo que posee la Cuenca se detallan en el mapa, y las superficies desmontadas aparecen pintadas en negro (Figura V.135).

Áreas Desmontadas de la Cuenca del A° Feliciano según sus Grandes Grupos de Suelos

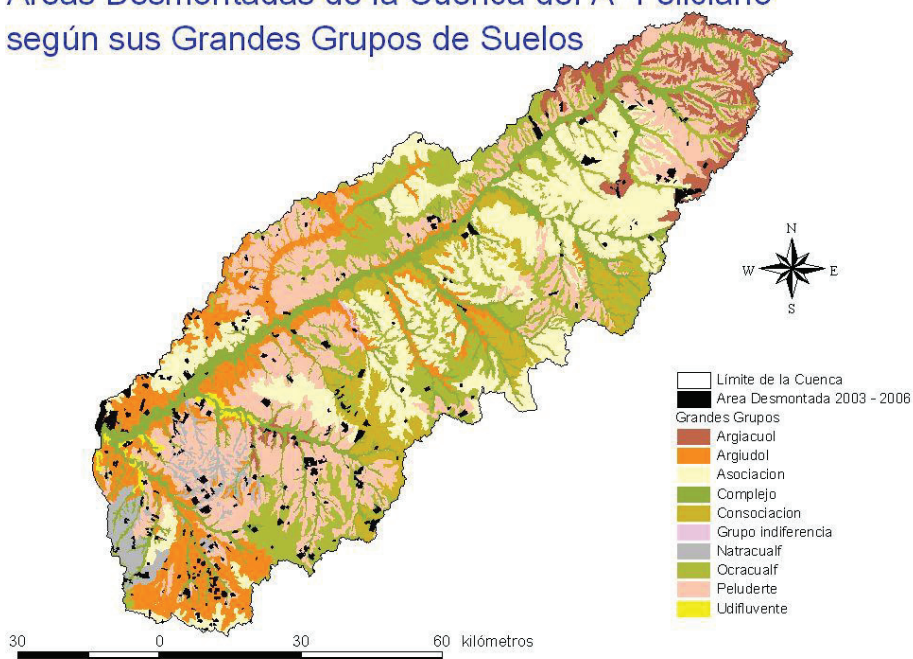


Figura V.135. Áreas desmontadas de la Cuenca, según sus Grandes Grupos de Suelos.

Los suelos que mayormente han sido desmontados son los correspondientes al Gran Grupo de los Peludertes con más de 4500 ha, luego siguen los Argiúdoles con casi 3500 ha. Desmontadas, significa que el desmonte ha sido realizado para cultivos extensivos como la soja, en suelos, como los Peludertes que no son aptos para la mencionada actividad (Figura V.136).

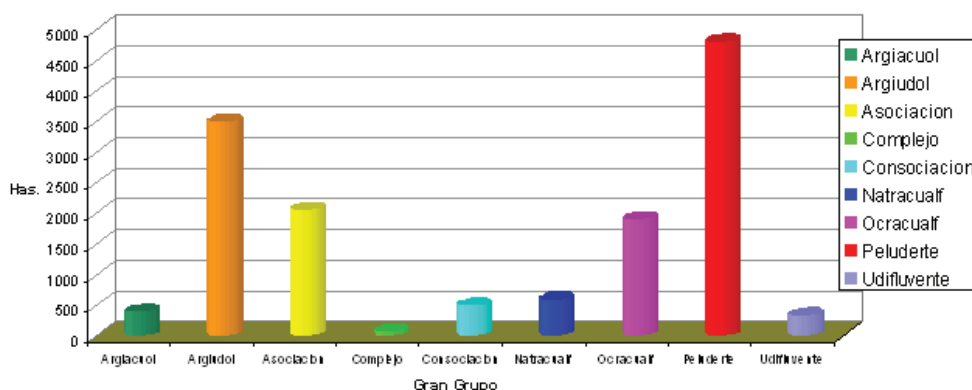


Figura V.136. Representación gráfica del desmonte, en ha, en cada gran grupo de suelo de la Cuenca.

V.4.7 Evolución Temporal - Mapas temáticos 2003-2006

Con la metodología empleada, en el tratamiento de las imágenes satelitales y la comprobación a campo, se obtuvieron los siguientes mapas, los cuales muestran las superficies ocupadas por las distintas categorías de uso de la tierra en cada Departamento, en los años 2003 y 2006, respectivamente.(Figuras V.137, V.138 y V.139).

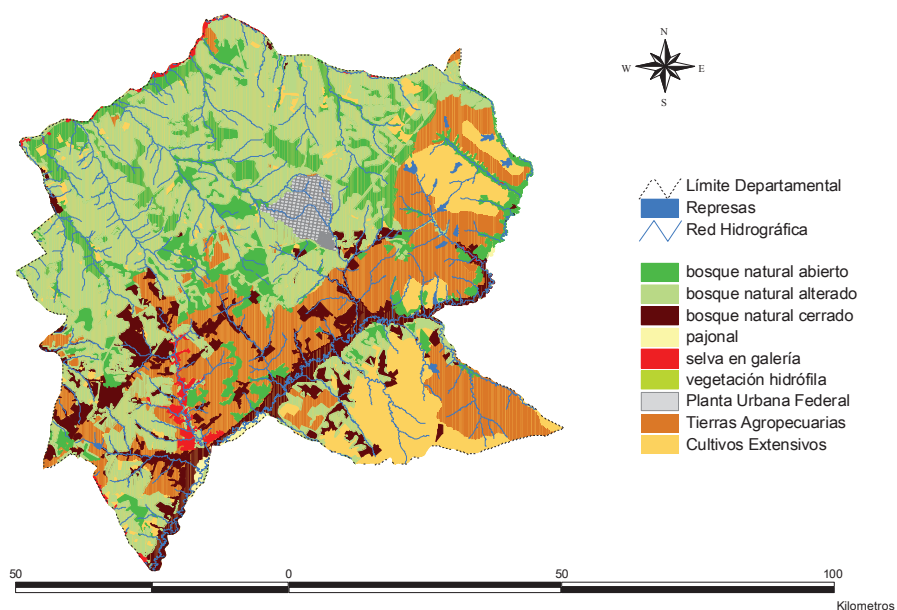


Figura V.137. Mapa de ocupación del Departamento Federal – Enero 2003.

Fuente: Elaboración Propia.

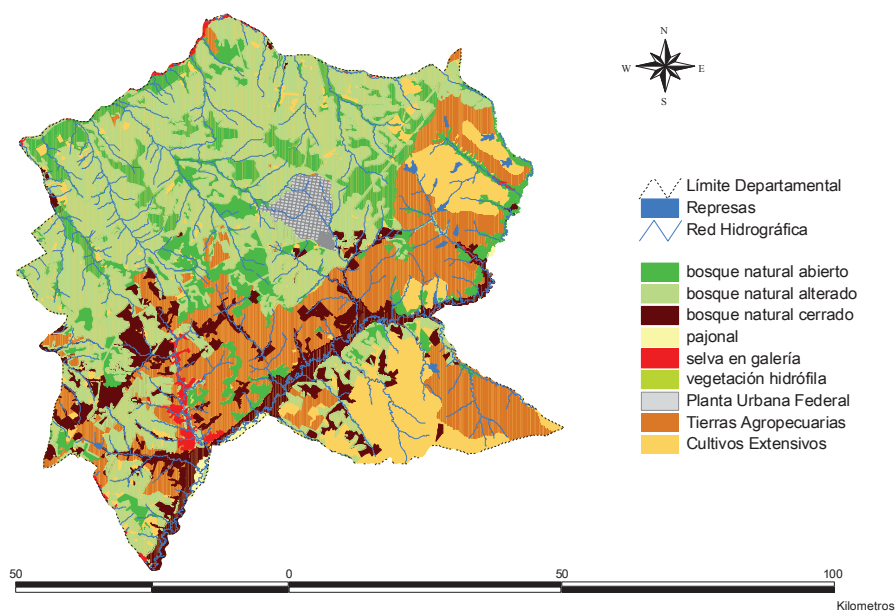


Figura V.138. Mapa de ocupación del Departamento Federal – Enero 2006.

La diferencia en superficie desmontada de bosque para el Departamento Federal fue de 4.338 ha.

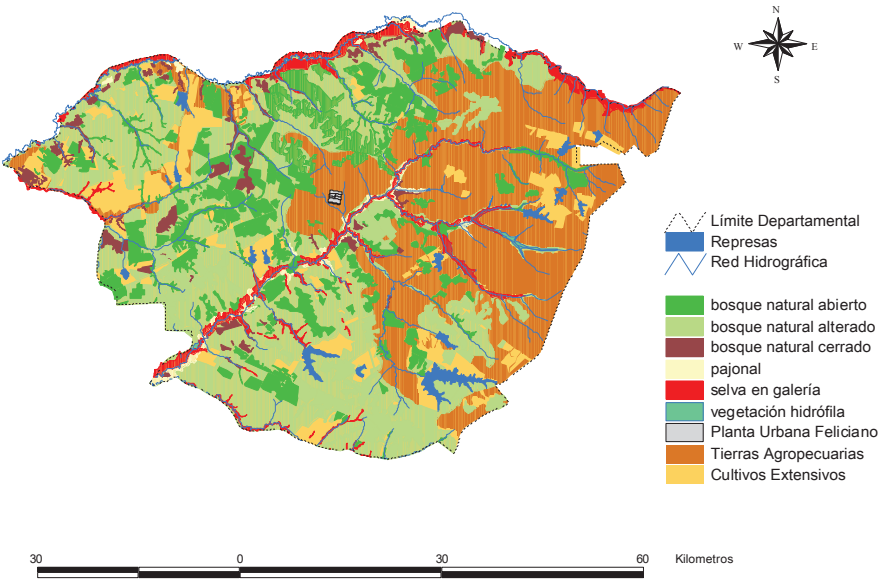


Figura V.139. Mapa de ocupación del Departamento Feliciano – Enero 2003.

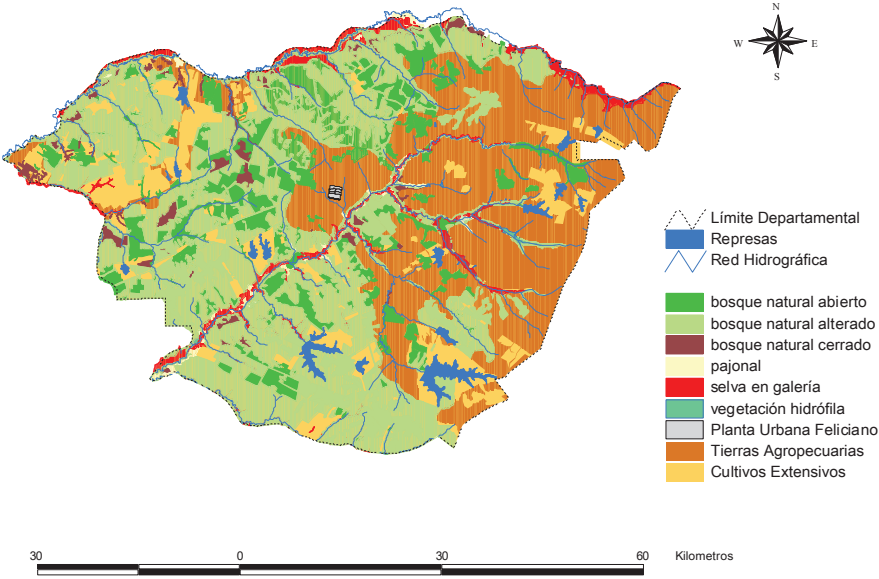


Figura V.140. Mapa de ocupación del Departamento Feliciano – Enero 2006.

Fuente: Elaboración Propia

La diferencia en superficie desmontada de bosque para el Departamento Feliciano fue de 4.395 ha.

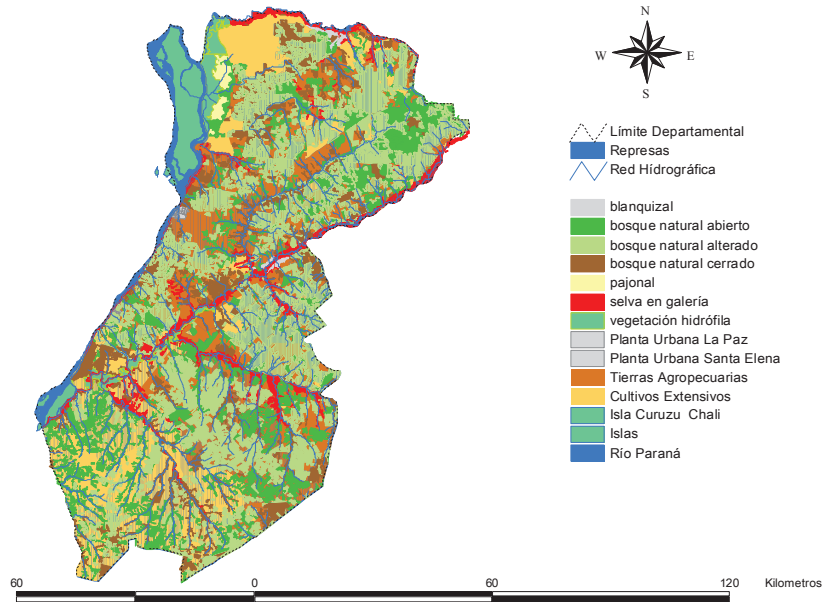


Figura V.141. Mapa de ocupación del Departamento La Paz – Enero 2003.

Fuente: Elaboración Propia.

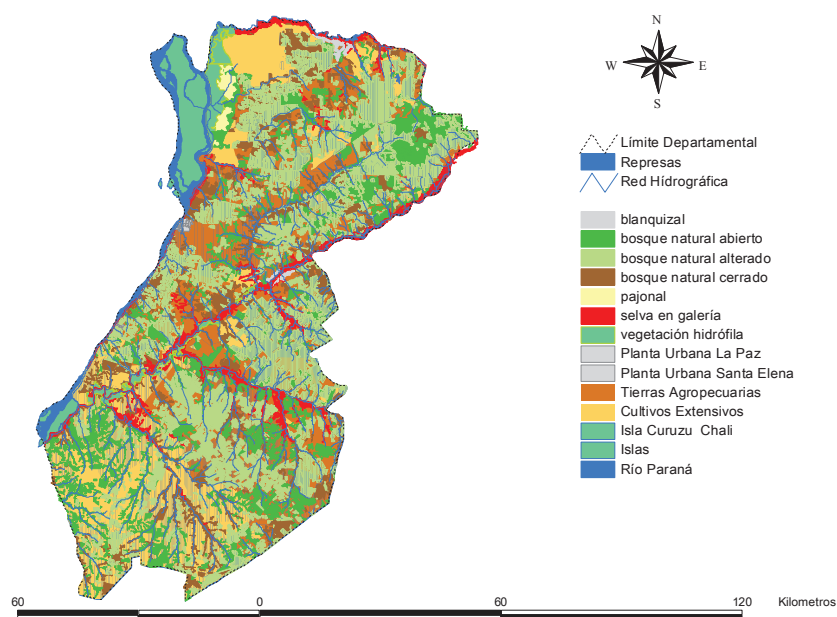


Figura V.142. Mapa de ocupación del Departamento La Paz – Enero 2006.

Fuente: Elaboración Propia.

La diferencia en superficie desmontada de bosque para el Departamento La Paz fue de 14.680 ha.

VI.4 7.1 Cambio en la superficie ocupada por bosques

En los siguientes mapas puede verse la localización de las áreas donde se produjo cambio (de actividad), en la superficie ocupada por Bosques Nativos en el año 2003, a cultivos extensivos en el 2006, los polígonos en amarillo muestran la superficie de bosques desmontados en los Departamentos, Federal, Feliciano y La Paz. (Figuras V.143, V.144 y V.145, respectivamente).

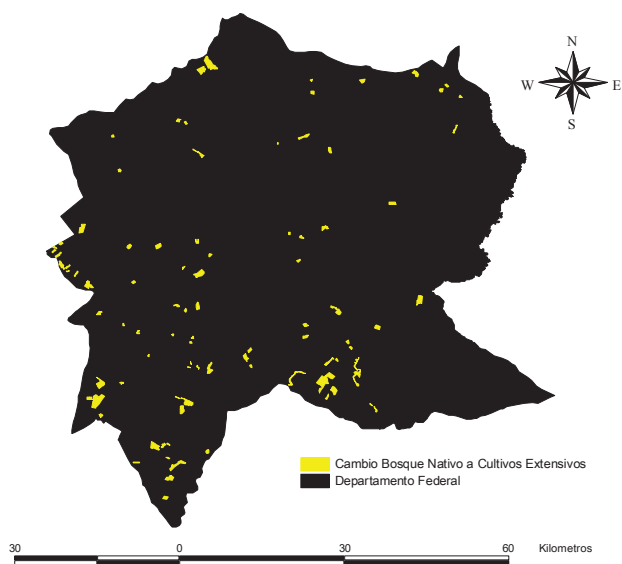


Figura V.143. Areas de cambio Depto. Federal.

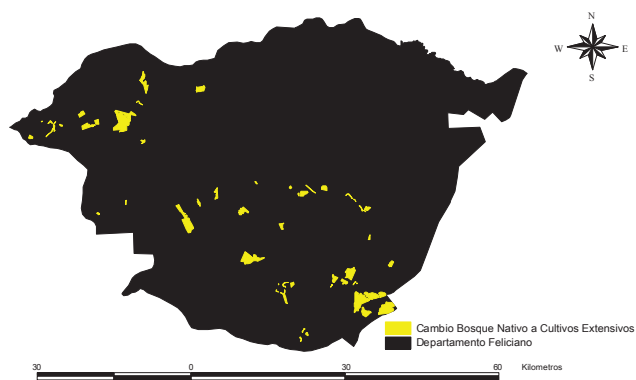


Figura V.144. Areas de cambio Depto. Feliciano.
Fuente: Elaboración Propia.

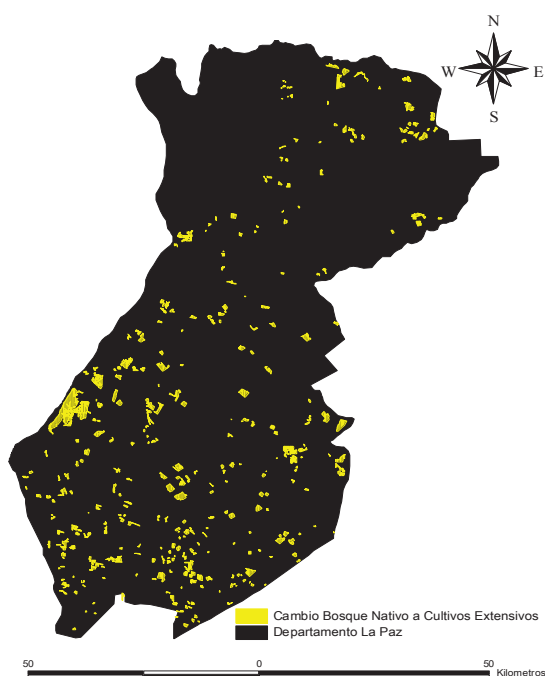


Figura V.145. Areas de cambio Depto. La Paz.

Fuente: Elaboración Propia.

Uno de los objetivos de este trabajo fue determinar el avance de la frontera agrícola, en detrimento del bosque nativo. Se seleccionaron los cambios ocurridos de las distintas categorías de bosques a cultivos extensivos y tierras agropecuarias. La nueva capa poligonal obtenida sirvió para localizar en los mapas departamentales mostrados anteriormente, al igual que el provincial, donde se ha realizado el desmonte y en que magnitud, entre los años 2003 y 2006.

La superficie total desmontada en Entre Ríos, y en la Cuenca, entre el 2003 y el 2006, se muestra en el siguiente mapa, en rojo, donde se marca el cambio de uso de bosques nativos a cultivos extensivos, en su mayor parte. Dicho cambio significó una disminución de 35.885 ha de bosques y selvas en galería, en toda la provincia (Figura V.146).

Cambio en la Superficie con Bosque Nativo en Entre Ríos y en la Cuenca del A° Feliciano entre los años 2003 y 2006

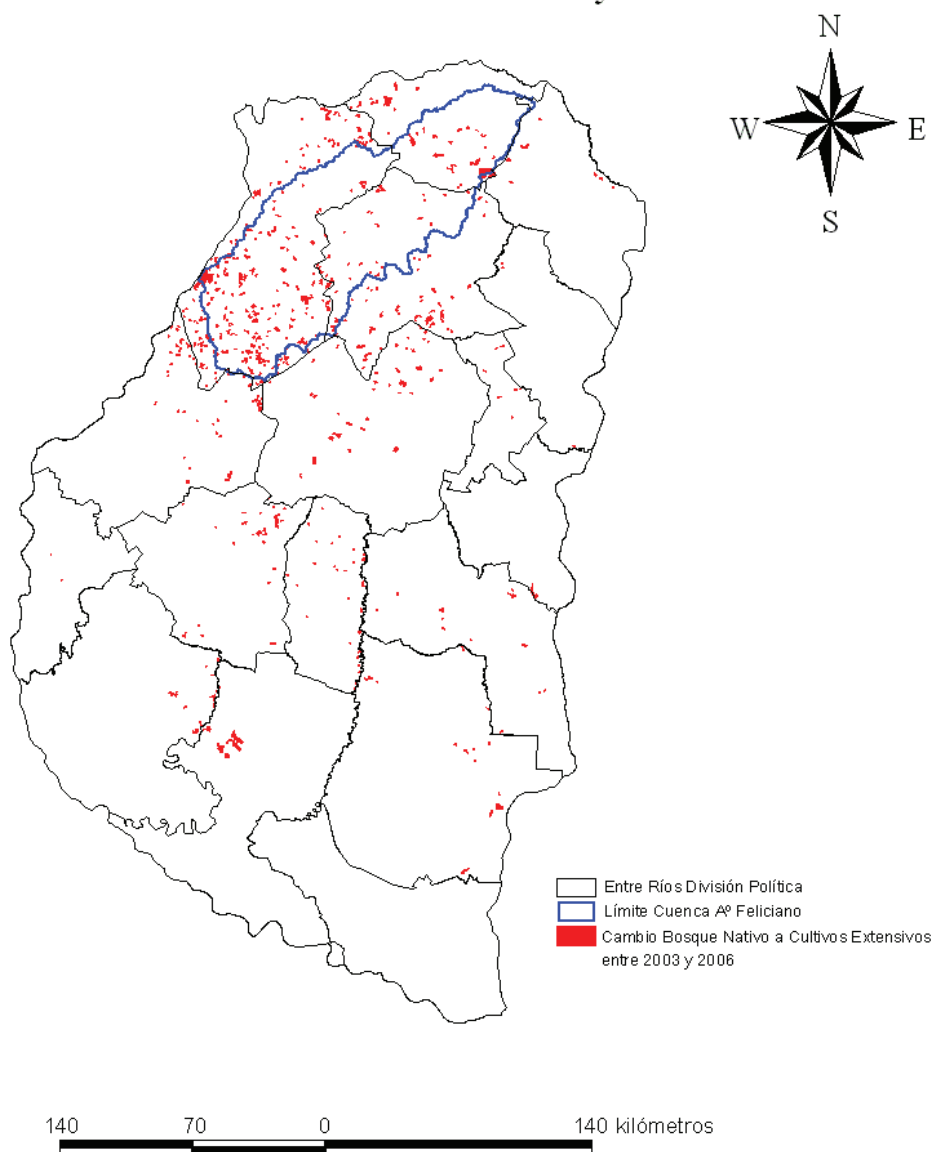


Figura V.146. Cambio de uso de Bosque Nativo a Cultivos Extensivos entre el 2003 y el 2006 en la Provincia de Entre Ríos. Fuente: elaboración propia.

La ocupación territorial de bosques y de vegetación natural en la Cuenca y el resto de Entre Ríos, en el año 2006, fue de 1437068 ha. En la Figura V147 pueden distinguirse las categorías de bosques, selva en galería, cultivos extensivos, tierras agropecuarias, vegetación hidrófila y la hidrografía, entre otros.

Año 2006 - Areas de Ocupación de las diferentes Coberturas con Vegetación según FRA 2005 en Entre Ríos y en a Cuenca del A° Feliciano

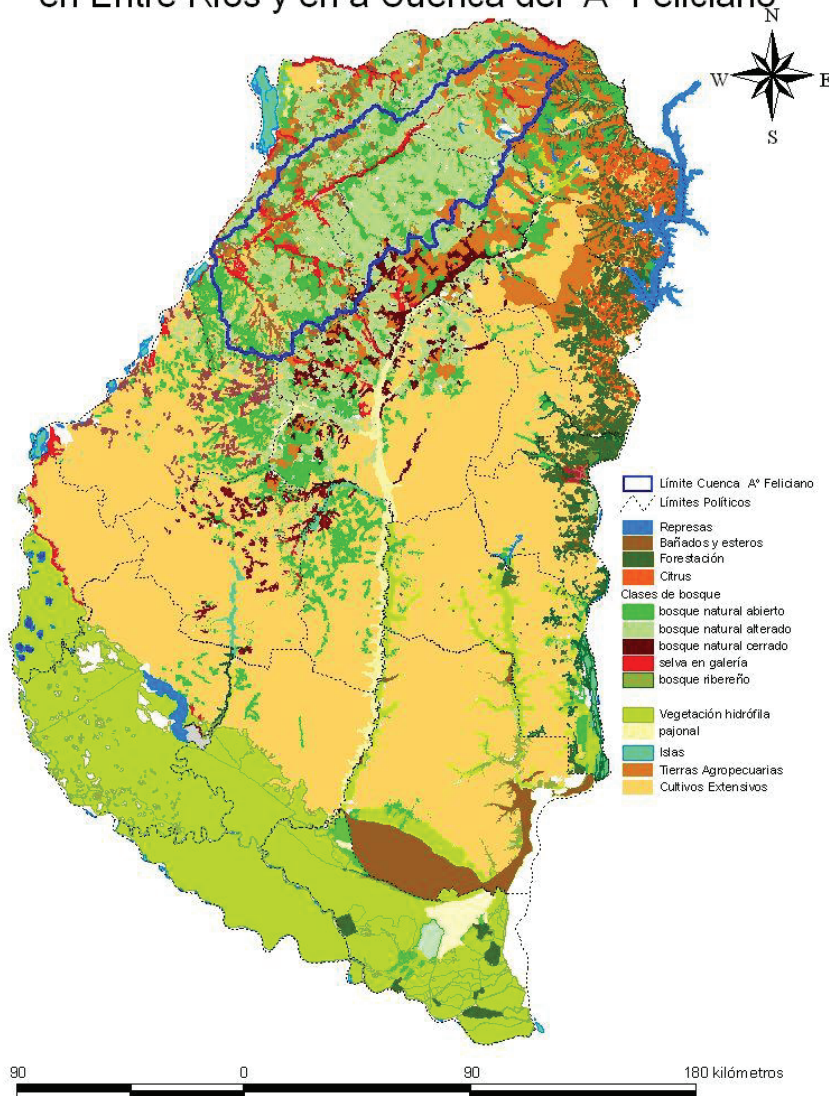


Figura 147. Coberturas de la ocupación territorial de Entre Ríos en el año 2003, siguiendo la Clasificación FRA 2000. Fuente: elaboración propia.

La Figura V.148 revela la ocupación de los Bosques Nativos, en su conjunto, para el año 2006.

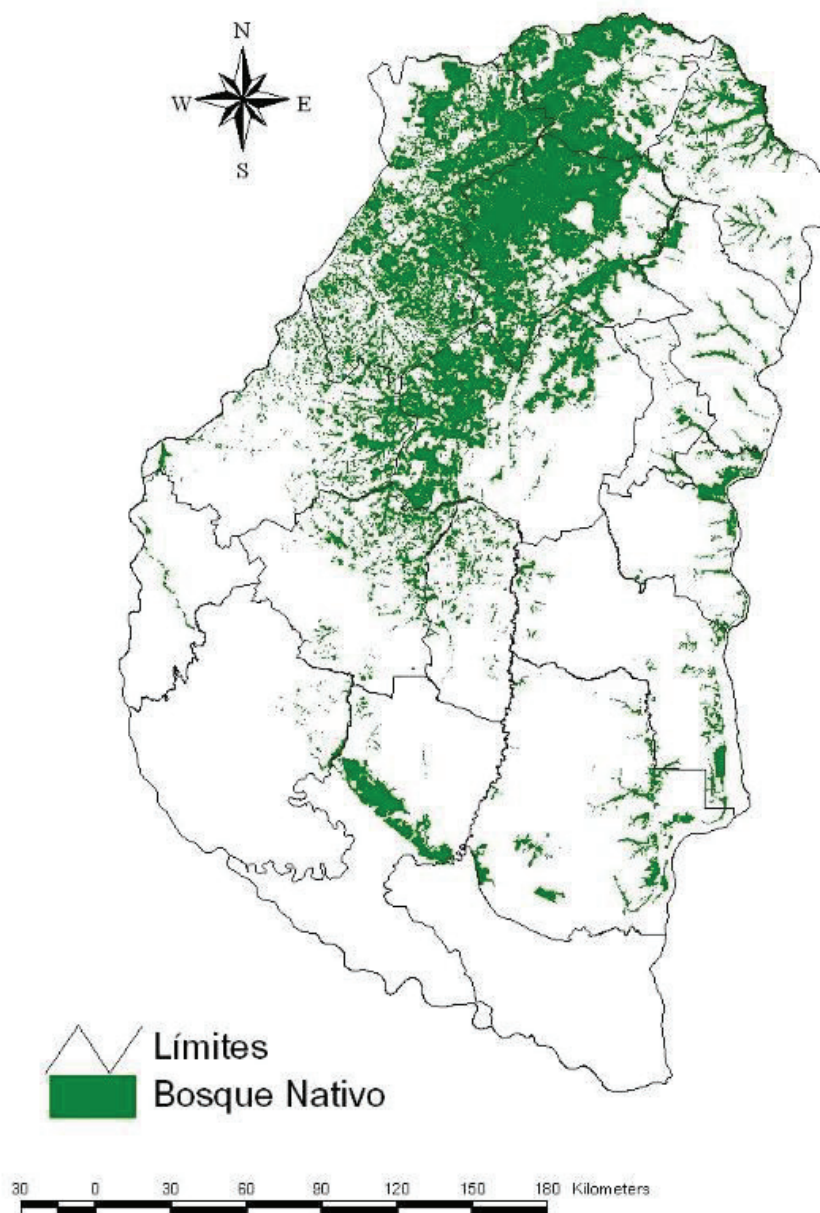


Figura V.148. Superficie total cubierta por Bosque Nativo en Entre Ríos en el año 2006.

Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la provincia, la tasa anual de desmonte para el período 2003-2006, fue de 11962 ha; ello sirve como base para determinar la velocidad con que ocurren los procesos de cambio, en este caso el avance de la frontera agrícola en detrimento del bosque nativo.

Para el período considerado (2003-2006), el porcentaje de bosque nativo provincial se redujo al 18,41%, es decir, un 6,59% por debajo de lo estimado aceptable para un estado como Entre Ríos.

V.5 Valor de la Producción Primaria

Considerando los valores hallados se puede estimar el valor de la producción primaria de la zona a moneda del año 2004 para un período de cinco años 1999-2003.

El cálculo del valor total de la producción alcanzaría a \$ 71.318.925 (valor a precios corrientes del año 2004), sin discriminar entre actividades agrícolas y/o ganaderas. El costo operativo para alcanzar dicha producción sería de \$ 27.686.402 sin tener en cuenta erogaciones en concepto de mano de obra al propietario y/o su familia.

Considerando que en el área en cuestión, para el mismo período de evaluación económica, se sembraron un total de 11.000 ha de arroz, que representaban el 16% del total sembrado en la provincia, y el valor total de la producción arrocería fue para esa campaña agrícola de \$ 207.000.000, se concluye que el valor producido en el área puede estimarse en \$ 33.120.000, valor que se adiciona al calculado anteriormente a partir de los modelos del revalúo inmobiliario. De ello resulta un valor total de \$ 104.438.925.

En síntesis, se puede estimar que la zona produce aproximadamente el 10% del valor de la producción ganadera bovina/ovina en su primera venta; el 16% del mismo valor de la producción de arroz con cáscara y un valor menor al 1% de la producción agrícola de secano.

En relación al valor total de la producción primaria para el mismo período (\$3.941.976.102) la representación alcanza al 2,65%.

En apretada síntesis la Cuenca del Feliciano responde a las siguientes características generales:

El área bajo estudio presenta una serie de indicadores socioeconómicos que muestran su evidente menor desarrollo relativo que otras zonas de la provincia.

Las actividades económicas son fundamentalmente agropecuarias, siendo escasa la existencia de industrias agro-transformadoras que incorporen valor a la materia prima local. Los índices de productividad de la actividad agropecuaria son muy bajos (excepto arroz) lo que se traduce en que el valor de la producción primaria solo representa el 2,65% del total producido por el agro provincial, a pesar de que la región cuenta con el 10,5% del total de la superficie del territorio.

V.6 Aplicación de normativas en la cuenca

En la Cuenca del Arroyo Feliciano, existen alrededor de diez represas para riego de cultivos de arroz, que cuentan con permisos otorgados y en trámite de evaluación ante el Consejo Regulador del Uso de Fuentes de Agua (CORUFA), autoridad de aplicación de las aguas superficiales en todo el territorio de la Provincia de Entre Ríos.

A través de la información obtenida mediante sistema satelital por las Áreas Técnicas del CORUFA, solo se han identificado dos represas (comprendidas en las categorías dos y uno, según Resolución N° 070 CORUFA de fecha 15 de agosto de 2007), que no están regularizadas desde el punto de vista administrativo legal ante el organismo de aplicación. Es decir que el 86% aproximado de las obras hidráulicas tipo represas se encuentran con permiso o en evaluación para el respectivo otorgamiento.

Otro tipo de obra hidráulica utilizada en la Cuenca es mediante toma de agua libre, desde el Arroyo Feliciano. En los registros del CORUFA solo se hallaron dos obras, no siendo esto representativo de la realidad, atento a que las tomas libres de aguas superficiales del Arroyo no pueden ser identificadas a través de imágenes satelitales, en su mayoría.

La normativa de agua de la Provincia, la cual debe ser tenida en cuenta por los usuarios de aguas superficiales, como los de la Cuenca del Arroyo Feliciano, se suma, la reglamentación ambiental dictada recientemente, en el marco del artículo 22 de la Constitución Provincial y la Ley Nacional General del Ambiente N° 25675,

identificada como Decreto 4977/09 GOB (11 de diciembre de 2009), la cual se incorpora como un trámite más para el uso agropecuario del agua. Esta reglamentación del estudio de Impacto Ambiental está a cargo de la Secretaría de Medio Ambiente de la Provincia.

Actualmente el COURA no ha tomado un criterio respecto si estas exigencias dispuestas en el Decreto n° 4977/09 se las considera como un trámite independiente o bien se agrega como otro requisito a cumplimentar en el trámite de permiso y concesión de agua por medio de obras de represas.

Siguiendo este análisis para interpretar, aplicar y compatibilizar la normativa ambiental con la normativa hídrica, que también prevé la cuestión ambiental a lo largo de la evaluación de los proyectos que debe presentar el solicitante de un permiso de agua, se podría preguntar si es necesaria o se torna redundante y repetitivo la doble exigencia al solicitante de un permiso de agua que adjunte el certificado de aptitud ambiental, o el informe ambiental por la Secretaria de Medio Ambiente; siendo ambos organismos dependientes del mismo Estado Provincial.

Restricciones jurídicas a considerar para actividades a proyectarse en la Cuenca

Las nuevas actividades de riego de cultivos a través de represas en la zona de la cuenca en estudio, pueden estar limitadas cuando los proyectos se planean en campos con Bosques Nativos, los cuales no pueden ser desmontados sin autorización según disposiciones de la Ley N° 13273 y normas complementarias, o bien por la Ley N° 9867, referente a Áreas Naturales Protegidas, que establece el procedimiento para los particulares que quieran acogerse a la misma para declarar su predio o una parte del campo como Área Natural Protegida, sujeta a restricciones para desarrollar actividad agropecuaria.

Registro de obras hidráulicas ante el CORUFA en la Cuenca del Arroyo Feliciano

El mapa de represas y tomas libres de Entre Ríos, elaborado por las Áreas de Dirección técnica y Área Planificación Hidrológica del CORUFA, y el registro de permisos, revela la existencia de alrededor diez obras hidráulicas tipo represas y tomas

libres en la Cuenca Hídrica. Estas obras de represas están comprendidas en las categorías 1 y 2, según Resolución N° 070 CORUFA, el cual adoptó, para clasificarlas, el criterio de considerar la capacidad de volumen de agua que puede embalsar.

Se debe aclarar que estos datos, si bien fueron recopilados en el año 2006, siguen reflejando la realidad actual en cuanto a número y concentración de obras de aprovechamiento hídrico, según información solicitada, a las Áreas Técnicas del CORUFA, las cuales hacen un seguimiento a través de imágenes satelitales.

V. 7. Selección del Modelo de Gestión de los recursos Hídricos

El modelo de gestión

En el ámbito de la cuenca hidrográfica, donde se materializan y expresan los conflictos aguas arriba y aguas abajo, los que constituyen la cuestión de mayor sensibilidad y el desafío más relevante para plasmar una gestión integrada de los recursos hídricos.

Sin duda, el modelo a plantear y dado que la condición de la Provincia, no será un modelo puro como lo plantea el Profesor Lanna (2001), sino que se adaptará a partir de un modelo burocrático como el actual con participación estatal en diversos aspectos pero con tendencia a un modelo sistémico con integración participativa.

V.7.1 Un modelo de gestión para la Cuenca del Arroyo Feliciano

En estos aspectos la cuenca posee un diseño de una red hidrológica elaborado, implementado y mantenido por la Dirección de Hidráulica de la Provincia y complementada por la Red Nacional de Información Hídrica de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. En la cuenca coexiste una red pluviométrica, estaciones limnimétricas y estaciones de aforo, y una estación meteorológica tipo I en la Ciudad de San José de Feliciano, que será complementada con una estación automática tipo on line para ser consultada en tiempo real por Internet. Se han realizado campañas de muestreo de calidad química del agua superficial y subterránea pero no se han realizado campañas sistemáticas o colocación de estaciones que permitan un seguimiento permanente.

Existe un procesamiento primario de la información, siendo disponible el banco histórico pluviométrico actualizado. Aún no se han realizado estudios estadísticos de relevancia.

Se dispone de un sistema de Información Geográfica de la cuenca con información de distinta calidad y representatividad regional. El fin de dicha herramienta es de disponer en forma ágil no solo la evaluación de los recursos naturales en general y los hídricos en particular, sino la forma y disposición de cómo se usa el recurso en la cuenca (identificación de usuarios, fuentes contaminantes, entre otros).

Deben considerarse los aspectos de los recursos naturales, aspectos socioeconómicos e institucionales.

Se están planteando una serie de indicadores ambientales de suelo y agua de la cuenca que, en conjunto con los modelos matemáticos- hidrológicos ya elaborados, permitirán analizar las tendencias y comportamientos de la cuenca ante cambios como los climáticos, el uso del suelo y el comportamiento de la misma ante eventos extremos.

Aun la cuenca, exceptuando la estación on line de San José de Feliciano, no posee un sistema de difusión de la información ni para información en general, ni para información específica con fines utilitarios particulares como controles para el riego, época de siembra o seguimiento de heladas.

No existe aún un sistema de alerta hidrológico y un sistema de educación que prevea la valorización y educación en los aspectos del valor de la información hídrica y de los bosques nativos.

V. 7.2. Planificación del recurso de la cuenca del Feliciano

Aún no se cuenta con una planificación de la asignación del recurso en la cuenca y se poseen datos escasos de demandas sociales (agua potable urbana y rural), demandas ambientales (caudales ecológicos) y algunos datos de demandas para uso agropecuario (riego y abrevado animal).

Estas demandas que, en general, coinciden en sus picos de exigencias ante periodos extremos de sequía generan en la cuenca un desequilibrio muy importante llegando a la pérdida de cosechas y mortandad de animales, fundamentalmente vacunos.

Tampoco se cuenta con un inventario sistemático de disponibilidades por lo que los modelos de simulación que integren la oferta con la demanda no cuentan con información de base suficiente como para realizar dichos modelos. Esto limita la posibilidad de plantear las demandas potenciales futuras.

Además, no se ha evaluado económicamente el uso múltiple del agua y cómo esta región puede potenciar esas limitaciones y salvarlas a partir del uso de tecnologías (riego, conservación de suelo, represamientos, rotaciones).

En este sentido el Dr. Eduardo Díaz, y otros investigadores plantean la vulnerabilidad de los recursos hídricos subterráneos, con modelos como los empleados en este trabajo, con conclusiones, como así también el desmonte, tema fundamental en esta cuenca.

V.7.3 Fijación de criterios y acciones a seguir (mediano y largo plazo)

Inventario sistemático de las disponibilidades de recurso (cantidad y calidad) mediante el desarrollo e implementación de tecnologías apropiadas de simulación y evaluación (modelos conceptuales y matemáticos de diverso orden de complejidad) que integren la oferta y demanda del recurso a nivel de cuenca.

Evaluación sistemática de la demanda actual y potencial futura del recurso, según los diversos usos.

Evaluación técnico económica (micro y macro económica) del uso múltiple del recurso y asignación optimizada de recursos mediante la implementación de tecnologías apropiadas de diverso orden de complejidad.

Evaluación sistemática de situaciones extremas y análisis de riesgos asociados en función de la vulnerabilidad de los territorios y usos actuales y potenciales afectados.

Identificación, diseño y evaluación técnica, económica, social y ambiental de medidas estructurales e instrumentales aplicables a la gestión pública y privada de los recursos naturales que promuevan conductas apropiadas de uso racional y sustentable de los recursos y conduzcan a la asignación óptima del uso de los mismos.

V.7.4 Agua virtual

Distribución de los cultivos en la cuenca del Arroyo Feliciano

De acuerdo a Chapagain et al. (2004), el volumen total de agua utilizada para cultivos en todo el mundo se estiman en $6.390 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{año}$, teniendo en cuenta el agua procedente de las precipitaciones y la destinada específicamente para regadío.

Se estima que solo un 17% de esa agua procede del regadío, si se considera que el nivel de eficiencia en el uso del agua está en el 40%. En cualquier caso, estas escuetas cifras son significativas en cuanto a la importancia que la agricultura basada en el agua de las precipitaciones tiene en el mundo.

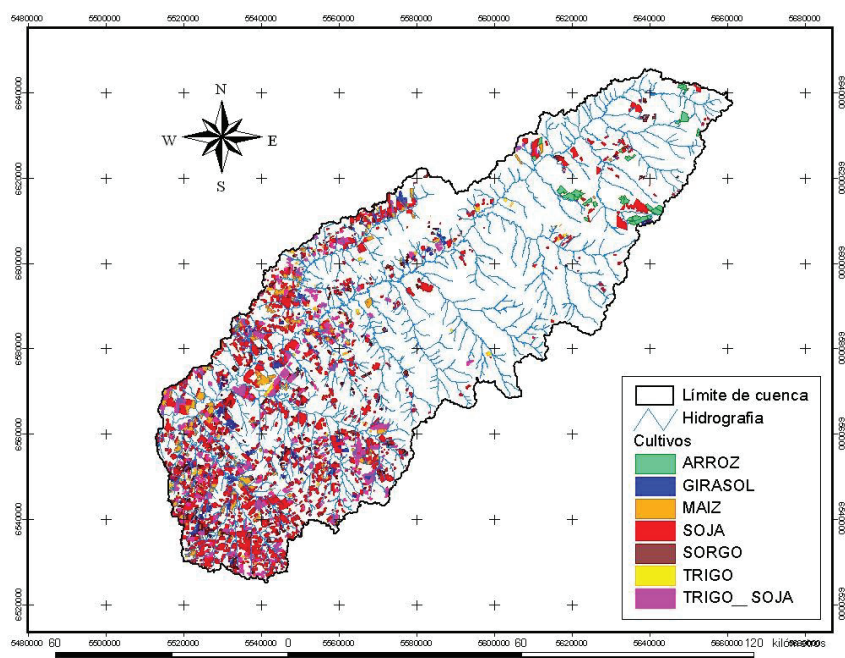


Figura V.149. Distribución de cultivos en la cuenca del A° Feliciano.

La mayor demanda de agua la exige el cultivo del arroz, que supone, aproximadamente, el 21% del total, seguido del trigo, con un 12% (Figura V.149). Ambos producen una cantidad de materia prima similar: 593 t de arroz al año, y 595 t

de trigo. No obstante, el volumen de agua necesario para la producción de arroz es sensiblemente superior, debido a la mayor evaporación de agua en sus cultivos. Así, el contenido de agua virtual para el trigo es casi la mitad, aun cuando hablamos de productos procesados, estos valores difieren en forma significativa.

Ahora bien, el flujo de agua virtual relacionado con el arroz en todas sus formas, a nivel planetario, es de 75 mil millones de m³/año. A nivel nacional tenemos exportación de agua virtual de 50,6 x 10⁹ m³/año (1404 m³/cap/año) y solo importa 5,64 x 10⁹ m³/año. Al menos 48 x 10⁹ m³/año corresponde al agua virtual utilizada en las actividades agropecuarias (Figura V.150).

De acuerdo a los cálculos y estimaciones realizados de los cultivos primarios y de producción de la Provincia de Entre Ríos y en la Cuenca del Arroyo Feliciano la Tabla V.33 deberá ser mejorada para estimaciones futuras, para así lograr una mayor precisión, en la obtención de dichos valores a los niveles productivos locales, ya que no todos los productores de bienes primarios lo hacen de la misma manera, teniendo una gama de eficiencia de producción, y en particular en la eficiencia del uso del agua ya sea para riego o en otras de las fases de los procesos productivos. De esta manera nos acercaremos a la aplicación del concepto de Eficiencia Hídrica.

En la Tabla V.34 pueden observarse los principales productos que exportan agua virtual en la Cuenca del Arroyo Feliciano.

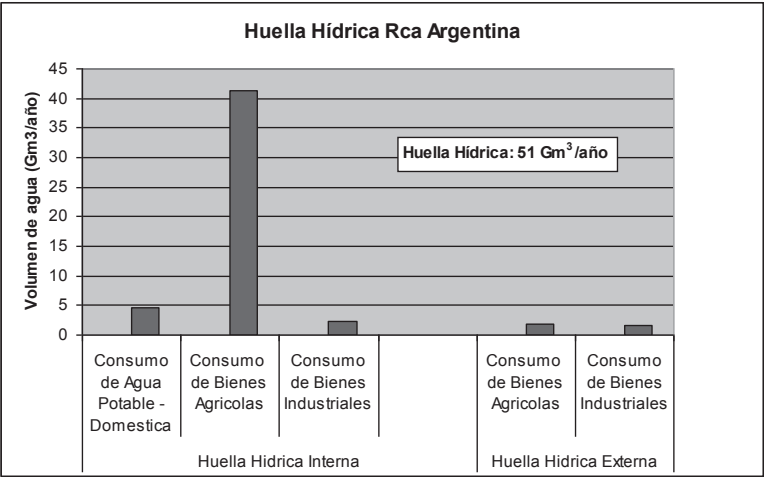


Figura V.150. Agua Virtual y Huella Hídrica de la República Argentina.

Tabla V.33. Agua Virtual por unidad de Producción en la Cuenca en estudio.

Producto	Agua virtual (litros/kg)
Arroz cáscara	2440
Maíz	469
Soja	1107
Sorgo granífero	637
Trigo	738
Arroz	2440
Carne de ave	6000
Carne bovina	15000
Carne ovina	6143
Lácteos	1000
Otros prod. de origen animal	10000
Pieles y cueros preparados	8000

Tabla V.34. Porcentajes de los principales productos exportadores de Agua Virtual.

Productos exportadores de Agua Virtual	Volumen Estimado (hm³)	%
Trigo	55	2,84
Arroz	88	4,54
Girasol	4	0,18
Maíz	191	9,82
Soja	21	1,11
Sorgo	8	0,41
Miel	s/d	s/d
Bovinos	1541	79,42
Ovinos	18	0,94
Pollos	14	0,74

Del estudio de la Tabla V.34 de producción de la cuenca y la relación con la Tabla V.33 anterior, de agua virtual por unidad de producción, se deduce que la cuenca tiene una exportación de agua virtual de aproximadamente $1,94 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{año}$.

Si analizamos para el período 1996-2006 el crecimiento provincial del agua virtual se puede observar un incremento notable para los últimos años y se supone que esta cuenca acompañó dicha tendencia (Figura V.51).

De este análisis se desprende que la Cuenca del Arroyo Feliciano exporta un 28,5% del total de agua virtual de la Provincia de Entre Ríos y que el 100% es proveniente de productos primarios.

Se esperará que, de mantenerse este crecimiento de los volúmenes de exportación, comenzarán los conflictos de uso o de sobreexplotación de los recursos hídricos, como se evidenció a fines de la década de los 90 en el sector arrocero a nivel provincial.

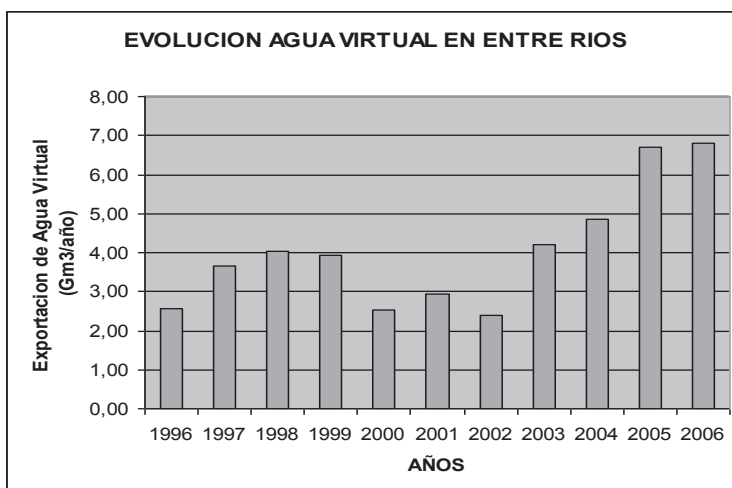


Figura V.151. Evolución del Agua Virtual exportada. Provincia de Entre Ríos.

Sin duda, la aplicación de este concepto podemos relacionarlo con la oferta de la cuenca y la sustentabilidad de los recursos hídricos ante este aumento de la demanda en particular de los productos primarios.

Cabe destacar que en esta cuenca la producción ganadera bovina es el principal exportador de agua virtual (79,4%), siendo de menor importancia los cultivos de maíz (9,82%) y arroz (4,54%).

V.8 Selección del modelo de gestión de los bosques nativos

(Modificado de Proyecto Bosques Nativos y su Biodiversidad, 2010)

El concepto de Bosque Modelo (BM) parte del supuesto de que existen soluciones a los conflictos ambientales y sociales y que estas soluciones son accesibles a la sociedad, siempre y cuando la sociedad tome un rol activo en la búsqueda de las mismas.

Para ello deben cumplirse dos premisas fundamentales:

a) la tierra, en su más amplio significado, debe administrarse en forma sustentable con el objetivo de salvaguardar las necesidades económicas, ambientales y sociales presentes y futuras.

b) una asociación compuesta por instituciones gubernamentales, sector privado, pobladores, instituciones académicas y ONG's creará las condiciones para que cada actor cumpla sus objetivos particulares y a la vez colabore con los objetivos de todos.

En definitiva, el concepto de Bosques Modelo parte, en un sentido teórico, de asumir que los conflictos por la utilización de los recursos no son irresolubles ni representan antagonismos de partes tales que impliquen necesariamente la depredación y extractivismo absoluto del medio, la renuncia a niveles aceptables de beneficio monetario capitalista o la extinción de oponentes socio-culturales en competencia por el territorio.

Un Bosque Modelo (BM) es “una asociación de voluntades que, en consenso, planifican y gestionan modelos de desarrollo sustentable en ecosistemas boscosos, con la meta de elevar la calidad de vida de las comunidades marginadas o de bajos recursos como pauta fundamental”, según la definición construida en el Primer Taller para la Red Nacional de Bosques Modelo en Argentina, llevado a cabo en mayo de 1996 en La Cumbre, provincia de Córdoba (Bosque Modelo Tucumán, 2010). Según la Red Internacional de Bosques Modelo, los mismos se basan en “un esquema innovador que combina las necesidades sociales, culturales y económicas de las comunidades locales con la sostenibilidad a largo plazo de grandes paisajes, en los que los bosques desempeñan un importante papel”

Un BM es un área geográfica determinada que no sólo incluye bosques sino también áreas con otro tipo de vegetación natural, centros poblados, campos de agricultura y otros emprendimientos productivos. Su mayor novedad radica en el punto de vista de lo organizativo, ya que representa una asociación de voluntades.

En la asociación deben estar representadas las fuerzas ambientales, sociales y económicas en juego en el área geográfica del BM. La asociación define una visión compartida sobre el desarrollo sustentable y trabaja en pos de alcanzarlo. El BM toma decisiones en función de un Plan Estratégico y de Planes Anuales de trabajo, los cuales son diseñados en consenso entre los socios. El Plan Estratégico incluye acciones que pueden ser de carácter público, privado o mixto, dependiendo de lo resuelto. Una de las claves del éxito es la creación mancomunada de un espacio de gestión institucional en el que todos se sientan representados y que integre las consideraciones ambientales, sociales y productivas de forma tal que sean aceptadas por todos los participantes.

Se considera que los atributos de los Bosque Modelo son:

_ Capacidad para asociarse

Una asociación gobierna el BM, y está compuesta por organismos, organizaciones, poblados y personas que representan los distintos intereses ambientales, económicos y sociales del área del bosque modelo. El funcionamiento de esta asociación debe ser transparente y basa la toma de decisiones en el consenso. Su función es determinar las metas, establecer las prioridades y fijar las políticas directrices para la gestión de los recursos naturales del área.

_ Compromiso con el manejo sustentable de los bosques

En un bosque modelo se aplican y demuestran prácticas y técnicas forestales socialmente aceptables y económicamente viables. Los objetivos globales y el programa de trabajo se basan en el manejo de los recursos naturales desde el enfoque eco sistémico.

_ Territorio lo suficientemente grande para incorporar los usos y valores de los recursos naturales

Un bosque modelo debe tener una extensión que incluya una gama completa de usos y valores del bosque en la región geográfica circundante y debe ser representativo de un vasto ecosistema.

_ Gama de actividades que aborden las necesidades de la comunidad

Las actividades realizadas por los bosques modelos deben relacionarse con los diversos valores de los recursos del bosque, abordando al mismo tiempo las necesidades de la comunidad en general. Además de la madera, algunos de esos valores diversos incluyen alimentos, agua potable, albergue, costumbres locales, creencias espirituales, empleo y recreación.

_ Estructura de dirección que permita que socios con valores y objetivos específicos diferentes puedan trabajar juntos

La estructura de dirección de la asociación que rige al BM debe reflejar las realidades culturales, sociales, políticas y económicas de la región y debe promover la formación de consenso entre los participantes a través de un proceso participativo y transparente.

_ Construir y compartir una base de conocimiento con terceros a través de las redes nacional, regional e internacional de Bosques Modelo

La metodología de relacionamiento y fortalecimiento institucional a través de redes se implementa como requisito en el caso de los BM. A nivel local, nacional, regional e internacional los bosques modelo comparten experiencias, éxitos y lecciones aprendidas sobre aspectos claves del desarrollo sustentable.

Cada Bosque Modelo lleva adelante un conjunto integrado de proyectos que persiguen satisfacer las necesidades y expectativas de la asociación en el contexto de una explotación sustentable de los recursos, promueven actividades de capacitación, brindan apoyo a la investigación forestal relevante y al desarrollo de técnicas apropiadas para medir el avance hacia el desarrollo sustentable o sostenible.

En definitiva, los bosques modelo pueden ser vistos como alianzas estratégicas entre el sector público, el sector privado, la sociedad civil y el sistema científico -

tecnológico. Estas alianzas tienen una plataforma territorial a escala de paisaje y un “núcleo” de manejo forestal sustentable en un contexto de gestión compartida.

La experiencia ha demostrado que los Bosques Modelo pueden ser implementados en un amplio rango de ambientes sociales, políticos y económicos como una herramienta práctica de bajo costo para la diversificación económica y el mejoramiento de la productividad con miras al desarrollo sustentable donde se promueven la colaboración, la búsqueda del consenso y la participación comunitaria.

Con la realización del Primer Taller para la Red de Bosques Modelo, en mayo de 1996 (La Cumbre, Provincia de Córdoba), se inician oficialmente las acciones para implementar esta modalidad de gestión de los recursos en nuestro país. Allí se firma una Carta de Intención y se acuerda un Plan Estratégico para la implementación de Bosques Modelo, entre la entonces Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable y la Secretaría de la Red Internacional de Bosques Modelo. Desde la Dirección de Bosques Nacional se comienza a promover el Programa Nacional de Bosques Modelo y se elabora la Guía para la Formulación de Propuestas de Bosques Modelo.

Actualmente, existe el Programa Nacional de Bosques Modelo (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, www.ambiente.gov.ar), que tiene como objetivo promover su desarrollo, impulsando la construcción de alianzas estratégicas para el desarrollo local y el co-manejo basado en la planificación y gestión participativas. La Red Nacional de Bosques Modelo está conformada por el BM Futaleufú (Chubut), BM Jujuy, BM Formoseño, BM Norte de Neuquén, BM San Pedro (Misiones) y el recientemente creado BM Tucumán.

V.9. Propuesta de un Plan Director

Manejo de Cuencas en Argentina

- Los organismos de gestión del agua a nivel de cuencas existentes en Argentina pueden clasificarse en: entidades interjurisdiccionales, provinciales e internacionales.
- Se recomienda que en cada país exista un programa nacional de manejo de cuencas o equivalente, que podría depender de los ministerios o secretarías de

medio ambiente o de agricultura o de alguna organización forestal, el cual debería coordinar sus actividades con las entidades de gestión del agua a nivel de cuencas. Ambas instituciones podrían así complementar sus intereses, y sobre todo servir de base para financiar los servicios ambientales que prestaría un buen manejo de cuencas de captación a los usuarios aguas abajo y a las franjas costeras donde desembocan los ríos (Dourojeanni y Jouravlev 1999a; 2001).

- A nivel provincial, se constituyeron o están en estudio o en revisión distintas entidades de cuenca -de diversas características y con variadas atribuciones- en las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Chubut, Mendoza y Santa Fe.

- Desde la década de 1990 a la actualidad, a partir del marco conceptual del desarrollo sustentable, la visión ecosistémica y los nuevos paradigmas de organización y participación social, la cuenca se presenta como un espacio idóneo donde interactúan los sistemas físico-bióticos y socio-económicos. Sin embargo, en el ámbito nacional subsisten y evolucionan dos enfoques conceptuales, en función de la existencia de diferentes entidades de aplicación de las políticas hídricas y del desarrollo sustentable:

- Desde el ámbito de competencia de las políticas hídricas y obras hidráulicas, las cuencas representan el área de captación y convergencia del agua, donde prevalece un enfoque sustentado en el conocimiento del sistema hidrológico, el uso múltiple y la administración del agua con criterio de sustentabilidad. Se visualiza a la cuenca como la unidad de gestión integrada del agua, ya sea dentro de una misma jurisdicción, como así también para administrar recursos hídricos interjurisdiccionales. La institucionalización de la cuenca a través de organismos de cuencas, efectivizan la coordinación intersectorial e interjurisdiccional por el uso del agua y la organización de sus usuarios, así como la vinculación de éstos con la autoridad hídrica provincial o nacional.

- Desde el ámbito de competencia con la conservación y uso sustentable de los recursos naturales, se sostiene la visión del manejo del territorio tomando a la cuenca como unidad natural para la planificación y gestión participativa, construida desde lo micro a lo macro, incorporando las consideraciones ambientales,

económico-productivas, de identidad sociocultural y de protagonismo de los actores involucrados en el desarrollo. El enfoque integral y conocimiento sistémico de la cuenca sirve de referencia para proyectar el desarrollo sustentable regional, como así también la determinación del impacto ambiental de toda actividad humana. En general, la calidad y cantidad de agua representan importantes indicadores del estado de conservación de la cuenca. Fuente: Casaza (2004).

9.1 Análisis de Escenarios posibles

Una propuesta de gestión para la Cuenca del Arroyo Feliciano, podría basarse en experiencias de otras cuencas en la Rca. Argentina como el ejemplo planteado a continuación.

La metodología empleada inicialmente puede consistir en desarrollar talleres participativos abiertos a la comunidad y reuniones temáticas específicas sobre las problemáticas de mayor relevancia identificadas por los actores locales. De esta manera, por ejemplo, se definió el Programa del Bosque Modelo Jujuy.

“El programa de desarrollo sustentable participativo”, pensado para concretar un plan de manejo articulando acciones entre instituciones, fue elaborado durante dos años, en talleres abiertos a la comunidad; consensuándose ocho Componentes Programáticos y Líneas Estratégicas de Acción. Algunos son: Asociativismo y Comunidad; Concientización; Control de Erosión y Manejo del Bosque Nativo; Investigación Aplicada; Biodiversidad y Ambiente.

La administración de proyectos está a cargo del Directorio Institucional, con representantes de 26 entidades públicas (Nacionales, Provinciales, Municipales) y privadas (organizaciones de productores, ONG's, empresas). Las decisiones se toman por consenso, en un marco de horizontalidad y transparencia. Integran el equipo técnico profesionales de diez disciplinas.

En este marco, se ejecutan proyectos de diversa escala, por cooperación interinstitucional público – privada; atendiendo objetivos sociales y ambientales con énfasis en sectores vulnerables (jóvenes desempleados, discapacitados, productores de bajos recursos).

Los proyectos del Bosque Modelo incluyen:

- Zonificación y ordenamiento territorial;

- Planes de manejo;
- Estudios y mapeo de vegetación; de biodiversidad y humedales para establecer áreas protegidas privadas y sistema de Pagos por Servicios Ambientales;

- Sistema de monitoreo ambiental en bosque nativo y pastizales;

Estaciones meteorológicas automáticas con datos en tiempo real, online y gratuitos;

Producción sustentable o sostenible;

Banco de semillas de árboles nativos;

Vivero forestal;

Reforestación en áreas agrícolas;

Capacitaciones sobre aves silvestres, árboles, viverización, manejo del pastoreo y otras.

El fomento del voluntariado, según refieren Virginia Outon y otros (2010), constituyó uno de los pilares para la consolidación del Bosque Modelo Jujuy. Durante siete años, todas las personas que desarrollaron y sostuvieron el proceso, no recibieron remuneración y hasta aportaron recursos personales para realizar diversas acciones. Según los autores, esto da cuenta del nivel de compromiso de personas e instituciones involucradas y demuestra su importancia en la solidez de los procesos participativos para la gestión de un territorio.

En el caso del BMJ se tomó la decisión de conformar una organización con identidad propia, que nucleara a las personas e instituciones involucradas y que sirviera como herramienta jurídica para agilizar la gestión y obtención de financiamiento, bajo la forma de una asociación civil sin fines de lucro. En su organigrama se incluyó un Directorio Institucional que rige el BMJ. Está integrado actualmente por 27 instituciones de los sectores estatales, empresarios y no gubernamentales (ONG's ambientales, educativas, otras). En el Directorio, la representatividad sectorial es la siguiente: 52% sector público, 48% sector privado.

Se elaboró un Plan Estratégico -también participativamente-, revisado y ajustado cada tres años, mediante la realización de talleres y encuestas. Una visión técnica se obtiene por la incorporación e interacción de profesionales de distintas disciplinas, por lo que el equipo de gerencia cuenta con técnicos de las áreas de

agronomía, recursos naturales, hidrología, antropología, gestión ambiental, biología, derecho ambiental, psicología social y economía.

V.9.2 Propuesta de modelo de Gestión

Con todos los antecedentes y estudios realizados en la Cuenca del Arroyo Feliciano, en este trabajo de Tesis suministran una base adecuada para:

- Ordenar los usos del agua, los bosques nativos, el saneamiento de la cuenca para conservar y preservar el agua, los bosques y los suelos.
- Las etapas en un proceso de gestión de cuencas:
 - – Etapa previa (1): estudios, formulación de planes y proyectos.
 - – Etapa intermedia (2): etapa de inversión para la habilitación de la cuenca con fines de aprovechamiento de sus recursos naturales. Esta etapa se asocia en inglés con el término “development” (por ejemplo, “river basin development” o “water resources development”), por lo que se la ha traducido al español usualmente como “desarrollo de cuencas” o “desarrollo de recursos hídricos”.
 - – Etapa permanente (3): etapa de operación y mantenimiento de las obras construidas y gestión y conservación de los recursos naturales. Esta etapa se asocia en inglés con el término “management”, término que en español tiene hasta cuatro acepciones: gestión, administración, ordenamiento y manejo. En general, se traduce “water resources management” como “gestión de los recursos hídricos” y “watershed management” como “manejo de cuencas”.
- • Los recursos naturales que son considerados en el proceso de gestión:
 - – Primer grupo (a): todos los recursos naturales e infraestructuras en una cuenca.
 - – Segundo grupo (b): todos los recursos naturales presentes en una cuenca.
 - – Tercer grupo (c): el uso múltiple del agua.
 - – Cuarto grupo (d): el uso sectorial del agua.

- Considerar el valor del Bosque Nativo, como reserva de especies autóctonas de flora y fauna, protección contra la erosión hídrica, freno de sedimentos por escorrentía, barrera contra las inundaciones, uso recreativo o paisajístico; son primordiales para elaborar una concientización de la población, y poder trabajar normas para el manejo integrado y sustentable de los recursos naturales.

- El material relevado, evaluado y georreferenciado de las especies que están presentes en los bosques y selvas de la Cuenca puede constituir un aporte para los proyectos de investigación que actualmente se llevan adelante en las Universidades Nacionales.

- Como uno de los objetivos de este trabajo fue determinar el avance de la frontera agrícola, se seleccionaron los cambios ocurridos de las distintas categorías de bosques a cultivos extensivos y tierras agropecuarias. La nueva capa poligonal obtenida sirve para localizar en el mapa Provincial y en los Departamentales, los sitios donde se han realizado los desmontes y en qué magnitud.

- Con el presente trabajo se logró actualizar, el inventario forestal de bosques nativos, lo cual permitirá contar con mayor información, para analizar el efecto de la agriculturización y evaluación de impacto ambiental, sobre los bosques nativos en la Cuenca del arroyo Feliciano. Además se ordenó y obtuvieron resultados de los recursos hídricos de la Cuenca, los cuales en su conjunto servirán para alcanzar la gestión integrada de ambos recursos.

V.9.3 Consideración Final

A partir de la información generada en el marco de este trabajo puede afirmarse que en la Cuenca del Arroyo Feliciano, la frontera agrícola continúa avanzando sobre las áreas boscosas, y en muchos casos por desmonte ilegal, en áreas con aptitud agrícola marginal y alta susceptibilidad a la degradación del suelo.

La falta de ordenamiento territorial permite que la frontera agrícola continúe avanzando sobre el bosque pese a que existen grandes extensiones de tierras aptas para agricultura, en otras zonas de la Provincia.

Ante la decisión de aumentar la producción agrícola del país, el sector parece estar reaccionando especialmente con la ampliación de la superficie cultivada (en parte por deforestación), en lugar de intensificar el uso de las tierras agrícolas existentes.

Los bosques nativos se encuentran severamente degradados y requieren ser manejados para favorecer su recuperación y presentarse como una alternativa viable del uso del suelo frente a la agricultura.

En la actualidad, existe una gran incertidumbre sobre el grado de impacto ambiental ante determinadas actividades que se realizan, como lo son el uso de fuentes de agua en abundancia, el desmonte, la construcción de represas de gran superficie, entre otras. Por este motivo es necesario la aplicación de una herramienta que permita salvar estas dudas de manera consistente. La Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) viene incrementando su utilización a través de sus diversos métodos, posibilitando la determinación del grado de impacto ambiental aceptando, rechazando o modificando un proyecto, a la vez que genera nuevas alternativas para minimizar el impacto. Queda a modo de sugerencia, la elaboración de un trabajo de este tipo, en el que participen profesionales idóneos, que abarquen diferentes disciplinas, con la participación pública, y con el objetivo de lograr una producción sostenible que respete el valor de los recursos naturales en todos sus aspectos.

La elaboración de políticas favorables a un adecuado uso racional de los recursos hídricos y bosques nativos y agropecuarios en la cuenca, como así también el desarrollo de investigación, transferencia y extensión, de las distintas unidades académicas, son imprescindibles para alcanzar una gestión integrada de los recursos hídricos y bosques nativos, para lograr un sistema sostenible en el tiempo.

VI. CONCLUSIONES

A partir de los estudios realizados en el marco de la presente Tesis Doctoral se alcanzó el objetivo previsto de generar una metodología para la Gestión Integrada de los recursos hídricos y de bosques nativos para la Cuenca del Arroyo Feliciano, provincia de Entre Ríos, República Argentina.

- Se caracterizó la Cuenca, clima, geología y geomorfológicamente, así como los suelos y sus usos actuales.

- Se implementó un Sistema de Información Geográfica, con 139 capas temáticas elaboradas en la presente tesis y compiladas de trabajos de elaboraciones previas, que sirvió como plataforma de sustento y tratamiento de la información.

- Se determinó una gran variabilidad temporal de los caudales diarios, con coeficientes de dispersión y rango elevados.

- Ocurre déficit hídrico del orden de 5 a 25%, en los meses de septiembre a febrero, lo que lleva a la necesidad de realizar riego complementario para evitar obtener bajos rendimientos por stress hídrico; y excesos en los meses de octubre, noviembre y enero.

- Se dispone de una metodología de regionalización basada en la aplicación del método del índice de creciente para determinar máximos diarios en zonas sin disponibilidad de datos.

- Se determinaron patrones de distribución temporal de las tormentas intensas.

- Se determinó que las superficies a irrigar del cultivo de arroz es función del volumen útil de los embalses al inicio del período de riego.

- El 69,2% del recurso superficial es apto para riego, el 92,3% es apto como agua de abrevado animal. Respecto al recurso subterráneo solo el 7,8% es apto para riego pues presenta problemas de calidad en cuanto a la

salinidad y contenido de sodio, y el 72% es apto para abrevado animal. El 75% del recurso subterráneo es fisicoquímicamente apto para consumo humano.

- El método DRASTIC, permite una mejor estimación del riesgo de vulnerabilidad de los acuíferos, con respecto a otras metodologías como el Método GOD.

- Las áreas de mayor vulnerabilidad se limitan a las cercanías de los cauces menores y el curso principal del Arroyo Feliciano.

- Los suelos de la cuenca presentan marcadas limitaciones para el uso agrícola.

- El cultivo de arroz modifica la calidad del agua subterránea y de los cursos superficiales incrementando la salinidad, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, fósforo soluble y nitratos.

- Existe un bajo a moderado potencial de erosión hídrica. En el 92% de la cuenca las pérdidas de suelo son menores a 0,5 t/ha/año. El valor medio de pérdida a nivel cuenca es de 0,56 t/ha/año, lo que señala un muy bajo impacto sobre el sistema natural.

- El cambio del uso de la tierra ha generado pérdidas de suelo localmente importantes.

- El agua virtual exportada es $1,94 \times 10^9$ m³/año, lo que significa un 40% superior al promedio provincial, indicando el alto impacto sobre los sistemas naturales que producen las actividades productivas.

- La superficie de bosques nativos desmontados en el periodo 2003 a 2006 fue un 39,5% superior a la media provincial, consistente con la relación de exportación de agua virtual, señalando un alto grado de correlación entre ambos indicadores.

- El avance de la agricultura extensiva se ha basado en el reemplazo de los bosques nativos.

— —

- En relación a los Recursos Hídricos:
- Propender al uso ganadero extensivo en detrimento del uso agrícola.
- En el caso del uso agrícola propiciar el cultivo de especies que cubran todo el suelo con manejo cultural adecuado, como la siembra directa y prácticas conservacionistas como la construcción de terrazas.
- Tender a cultivos que se adapten a las condiciones agroclimáticas de mínimo consumo de agua por kg de materia seca y por ende mínima exportación de agua virtual.
- Emplear prácticas que favorezcan a la descomposición de la materia orgánica, como el rastrojo en el mismo predio, para aumentar sus niveles en el perfil del suelo.
- Minimizar la utilización de agroquímicos.
- Propender al uso consuntivo para la agricultura y la ganadería de recursos los hídricos superficiales, priorizando para el consumo humano el recurso subterráneo.
- Respecto a los Bosques nativos:
- Al actualizar el inventario forestal de bosques nativos, se ha analizado el efecto de la agriculturización, manifestado por el impacto de la relación entre los procesos de transformación a nivel de Cuenca y a nivel provincial.
- Propiciar la conservación de los bosques respetando las normativas vigentes en lo nacional y provincial, potenciando el rol de las autoridades de aplicación en cuanto al manejo y conservación del bosque nativo.
- Las normativas vigentes, su reglamentación y las autoridades de aplicación están claramente definidas, pero se manifiesta la ausencia del poder de la policía.

- Se concluye que la evaluación técnica, económica, social y ambiental de medidas estructurales e instrumentales aplicables a la gestión pública y privada de los bosques nativos promoverán conductas apropiadas de uso racional y sustentable de los mismos.
- Se definieron los criterios de manejo sostenible de los recursos, ordenando los usos del agua, los bosques nativos, los suelos y el saneamiento de la cuenca para conservar y preservar a los mismos. En este sentido, se hicieron propuestas de acciones que puedan ser adoptadas por políticas de gestión, favorables a la sostenibilidad ambiental.
- En síntesis, se elaboró una metodología propia para la gestión integrada y manejo sostenible de los recursos hídricos y naturales de la Cuenca del Arroyo Feliciano.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Andreoli, M.; Tellarini, V. (2000). Farm Sustainability Evaluation: Methodology and Practice. Agriculture, Ecosystems and Environment, V.77, Pp: 43-52.
- Avila Garcia, P. (2002). Cambio Global y Recursos Hídricos en México: Hidropolítica y Conflictos contemporáneos por el agua. Proyecto INE/ADE 045/2002. Dirección General de Investigación de Ordenamiento, Ecológico y Conservación de Ecosistemas. Instituto Nacional De Ecología.
- Barozzi, P. (2005). Geografía Argentina.
- Barredo, G. (2009) Trabajo Final de Graduación Aptitud Físicoquímica Y Bacteriológica De Los Recursos Hídricos De La Cuenca Del Arroyo Feliciano Con Destino Agropecuario y Abastecimiento Humano.
- Bedendo, D.J. (2005). Capítulo 2. El Medio. Geología. En Carta de Suelos de la República Argentina. Departamento Gualeguaychú. Provincia de Entre Ríos. Plan Mapa de Suelos. Acuerdo Complementario INTA-Gobierno de Entre Ríos. INTA Estación Experimental Agropecuaria Paraná. Serie Relevamiento de Recursos Naturales N° 23.
- Bedendo, D.J.; Vesco, C.J.J. (1991). Capítulo 2. El Medio. En Carta de Suelos de la República Argentina. Departamento Diamante. Provincia de Entre Ríos. Plan Mapa de Suelos. Acuerdo Complementario INTA-Gobierno de Entre Ríos. INTA Estación Experimental Agropecuaria Paraná. Serie Relevamiento de Recursos Naturales N° 9.
- Benavídez, René y otros (2001): Eficiencia y rentabilidad del riego en cultivos de arroz y citrus (2000), Fac. de Cs. Agropecuarias-UNER, E. Ríos.
- Betancourth, A.F. (2005). “Articulación Interinstitucional Alredor de la Gestión Ambiental en la Cuenca del Río La Miel: De las Restricciones a las Oportunidades”; Andrei Jouraviev, “Los municipios y la gestión de recursos hídricos”; Julio Iturriaga, entrevista; José L. Sánchez, “La Gestión Integrada a

Partir de la Cuenca Hidrográfica”; Miguel Solanes y Andrei Jouraviev, “Water governance for development and sustainability.”

- Bisset, R. (1987). Methods for environmental impact assessment: a selective survey with case studies. In: Biswas, A.K.; Geping, Q., Eds. Environmental Impact Assessment for Developing Countries. London: Tycooly International, Pp: 3-64.

- Bockstaller, C.; Girardin, P.; Van Der Werf, H.M.G. (1997). Use of agro-ecological indicators for the evaluation of farming systems. European Journal of Agronomy, v. 7, Pp: 261-270.

- Boschetti, N.G.; Valenti, R.A.; Vesco, C.; Sione, M. (2000). Contenidos de fósforo total en suelos con características vérticas de la Provincia de Entre Ríos. Rev. Facultad Agronomía. 20(1): Pp: 53-58.

- Boschetti, N.G. y C.E. Quintero (2006). Suelos de la Cuenca del Río Paraná. Provincia de Entre Ríos, Argentina. Principales Aptitudes y Limitaciones. Bases para la conservación de suelos y agua en La Cuenca del Río Paraná. Editor A. Paz Gonzalez. Xunta de Galicia. Universidad Nacional de Entre Ríos. ISBN 987-05-1102-3 162. Pp: 17-29.

- Boschetti, N.G. y C.E. Quintero (2009). Características de los suelos de la Cuenca del Arroyo Feliciano. Aportes para la Gestión integrada de los recursos hídricos de la Cuenca del arroyo Feliciano, Entre Ríos. / O. Duarte; E. Díaz; E. Zamanillo; con colaboración de E. C. Romero y M. J. Tito. - 1a ed. - Entre Ríos: Fundagro- Fundación para el Desarrollo Agropecuario, ISBN 978-987-25076-0-2, 240 Pp. Inédito.

- Bosque Sendra, J. (1992). Sistema de Información Geográfica. ISBN: 84-321-2922-4 Ediciones Rialp, S.A. Madrid.

- Bosshard, A.A. (2000). Methodology and terminology of sustainability assessment and its perspectives for rural planning. Agriculture, Ecosystems and Environment, V. 77, Pp: 29-41.

— —

- Boyd, C.E.; Queiroz, J.F.(1997) Aquaculture Pond Effluent Management. Aquaculture Asia. Bangkok - Thailand: V.2, n.2, Pp: 43 - 46.
- Boyd, C.E.; Queiroz, J.F. De; Whitis, G.N.; Hulcher, R.; Oakes, P.; Carlisle, J.; Odom Jr., D.; Nelson, M. M.; Hemstreet, W. G.(2003) Best Management Practices for Channel Catfish Farming in Alabama Special Report nº1 For Alabama Catfish Producers, March 2003, Pp.38.
- Brown A. Bosques Nativos De Argentina (2009). “Seguimos lamentando lo perdido o vemos que hacemos con lo que tenemos”. Fundación Proyungas. Congreso Forestal Mundial. 2009. Buenos Aires. Argentina.
- Buol, S.W.; Hole F.D.; McCracken, R.J. (1991). Génesis y Clasificación de Suelos. Editorial Trillas, México. 417 Pp.
- Cabrera, Ángel, (1976), Regiones Fitogeográficas Argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería, Editorial Acme S.A.C.I., Buenos Aires, Argentina.
- Calcagno, A. (2000). Gestión de los Recursos Hídricos en Argentina. Documento de Política Hídrica Nº 2. Instituto Argentino de Recursos Hídricos.
- Calmels, A.P.; Carballo, O.C. (1991). Vocabulario de geomorfología. Fac. de Cs. Exactas y Naturales, Univ. Nac. De La Pampa, Pp:470.
- Campanhola, C.; Graziano Da Silva, J. (2002). “O lazer e o novo rural" In: Enfoques contemporâneos lúdico: III Ciclo de Debates Lazer e Motricidade / Heloísa Turini Bruhns & Gustavo Luís Gutierrez, (orgs.). - Pp. 3-24. Campinas, SP: Autores Associados, Comissão de pós-graduação da Faculdade de Educação Física da Unicamp.
- Campanhola, C.; Graziano Da Silva, J.O Novo. (2000) Rural Brasileiro: uma Análise Nacional.Jaguariúna (SP): Embrapa Meio Ambiente, 190 Pp.

- Campanhola, C.; Rodrigues, G.S. (2001). Avaliação da sustentabilidade de atividades do turismo no meio rural. In: Anais do 3º Congresso Brasileiro de Turismo Rural, 8-11 out/2001. Pp.: 269-275. Piracicaba: FEALQ.
- Campanhola, C.; Valarini, P.J.A. (2001). Agricultura orgânica e seu potencial para o pequeno agricultor. Cadernos de Ciência & Tecnologia, v. 18, n.3, Pp: 69-101.
- Canter, L.W.; Hill, G.L. (1979.) Handbook of Variables for Environmental Impact Assessment. Ann Arbor (MI): Ann Arbor Science Publishers Inc. 203 Pp:
- Casermeiro, J & Spahn, E. (2000). "Evaluación y guía de condición de bosque nativo entrerriano". MULTEQUINA 9: pp 147-153.
- Cacik, Pablo (2002): Diseño de la Red Hidrológica e Hidrometeorológica de la Zona Centro-Norte de la Provincia de Entre Ríos. Consejo Federal de Inversiones – Dirección de Hidráulica de E. Ríos.
- Cerana, J.; De Petre, A.; Rivarola, S. (1983). Evaluación de la extensibilidad en suelos de destacada actividad físico-química. Método de determinación del Índice de Extensibilidad Lineal. p. 129. Actas X Congreso Argentino Ciencia del Suelo de la AACS y VIII Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, Argentina.367 Pp.
- Chajud y Rothman. (2009) Determinación de la calidad microbiológica y contenido de nitratos en aguas de la Cuenca del Arroyo Feliciano. Aportes para la Gestión integrada de los recursos hídricos de la Cuenca del arroyo Feliciano, Entre Ríos. / O. Duarte ; E. Díaz ; E. Zamanillo ; con colaboración de E. C. Romero y M. J. Tito. - 1a ed. - Entre Ríos : Fundagro-Fundación para el Desarrollo Agropecuario, ISBN 978-987-25076-0-2, 240 pp. Inédito.

- Chemin, M.P.; Gabas, V. (1992). Geografía Elemental de Entre Ríos.
- Chuvieco, E. (2000). Fundamentos de Teledetección Espacial. 3ª. Edición. Ediciones RIALP, S.A. Madrid. 2000.
- Chuvieco, E.Y Martín (1996). Fundamentos de Teledetección espacial. 3ª edición. Ed. Rialp S.A. Madrid. Pp 1- 564.
- CIOMTA Centro de Investigación Observación y Monitoreo Territorial y ambiental. Tutoría Científica IBIMET- CNR, Firenze, Italia. DISAT – Universidad de Firenze, Italia. Análisis Territorial de ocupación del suelo. Período Enero- Marzo de 2004. ISSN 1668-2637. 19 Pp.
- Club de Roma (1972), Informe sobre “Límite del Crecimiento”. Comisión Brundtland, (1987). Informe. 1972 Conferencia de Estocolmo.1992 Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Cumbre de la Tierra.<http://sine-die.blogspot.com/2007/05/nuestro-futuro-comun-y-la-comision.html> (19/09/2007).
- Collins, J.B. and C.E. Woodcock, “An Assessment of Several Linear Change Detection Techniques for Mapping Forest Mortality Using Multitemporal Landsat TM Data.” Remote Sensing of Environment, Vol. 56, No. 1, Pp:. 66-67, January 1996.
- Costa, M.B.B. da; Campanhola, C.A agricultura alternativa no Estado de São Paulo. Jaguariúna (SP): Embrapa Meio Ambiente, Documentos 7, 1997, 63 Pp.
- De Petre, A.A.; Stephan S. (1998). Características pedológicas y agronómicas de los Vertisoles de Entre Ríos, Argentina. I.S.B.N. 950-698-061-6. Departamento Imprenta y Publicaciones Secretaría Extensión Universitaria y Cultura UNER. 65 Pp.
- Díaz, E.; E.C.Romero; N.G. Boschetti y O. Duarte. (2009) Vulnerabilidad del agua subterránea en la Cuenca del Arroyo Feliciano, Entre

Ríos. Argentina. Aportes para la Gestión integrada de los recursos hídricos de la Cuenca del arroyo Feliciano, Entre Ríos. O. Duarte; E. Díaz; E. Zamanillo; con colaboración de E.C. Romero y M.J. Tito. - 1a ed. - Entre Ríos: Fundagro-Fundación para el Desarrollo Agropecuario, ISBN 978-987-25076-0-2, 240 Pp: Inédito

- Direcció de Bosques- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Informe sobre deforestación en Argentina. Noviembre de 2007.

- Doorenbos, J. y Pruitt, W.O. (1977). Crop water requirements. FAO Estudio de Riego y Drenaje No. 24, (rev.) Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, 144 Pp:

- Dourojeanni, A. (2001), Water management at the river basin level: challenges in Latin America, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), LC/L.1583-P, Serie Recursos Naturales e Infraestructura No 29, Santiago de Chile (disponible en Internet: <http://www.eclac.cl/drni>).(1994a), Políticas públicas para el desarrollo sustentable: la gestión integrada de cuencas, Comisión.

- Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Territorial y Ambiental (CIDIAT).(1994b), “La gestión del agua y las cuencas en América Latina”, Revista de la CEPAL, No 53, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), LC/G.1832-P, Santiago de Chile.

- Duarte, O.; Díaz, E.; Romero, C.; Chajud, A.; Rothman, S.; Lenzi, L. y A. Hillton. (2007). “Evaluación agrohidrológica de represas de almacenamiento para riego de Entre Ríos“. Presentado al Congreso Nacional del Agua. Mayo de 2007. Tucumán.

- Duarte, O.; E. Díaz; E.C. Romero y G. Boschetti. (2009).Evaluación mediante un SIG de la pérdida de suelo en la Cuenca del Arroyo Feliciano. Entre Ríos. Argentina. Aportes para la Gestión integrada de los recursos hídricos de la Cuenca del arroyo Feliciano, Entre Ríos. / O. Duarte; E.

Díaz; E. Zamanillo; con colaboración de E.C. Romero y M.J. Tito. - 1a ed. - Entre Ríos: Fundagro- Fundación para el Desarrollo Agropecuario, 2009. ISBN 978-987-25076-0-2, 240 Pp. Inédito.

- Duarte, O.; E. Díaz, Romero C. y R. Díaz (2009) El agua virtual en Entre Ríos como indicador en la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. Aportes para la Gestión integrada de los recursos hídricos de la Cuenca del arroyo Feliciano, Entre Ríos. / O. Duarte ; E. Díaz ; E. Zamanillo ; con colaboración de E. C. Romero y M. J. Tito. - 1a ed. - Entre Ríos : Fundagro-Fundación para el Desarrollo Agropecuario,. ISBN 978-987-25076-0-2, 240 Pp. Inédito.

- Duarte, O.; E. Díaz, y E.C. Romero. (2009). Gestion de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Arroyo Feliciano. Entre Ríos. Argentina. Aportes para la Gestión integrada de los recursos hídricos de la Cuenca del arroyo Feliciano, Entre Ríos. / O. Duarte; E. Díaz; E. Zamanillo; con colaboración de E.C. Romero y M.J. Tito. - 1a ed. - Entre Ríos: Fundagro-Fundación para el Desarrollo Agropecuario, ISBN 978-987-25076-0-2, 240 Pp. Inédito.

- Duarte, O.; E. Díaz, y E.C. Romero. (2009). Gestion de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Arroyo Feliciano. Entre Ríos. Argentina. Aportes para la Gestión integrada de los recursos hídricos de la Cuenca del arroyo Feliciano, Entre Ríos. / O. Duarte; E. Díaz; E. Zamanillo; con colaboración de E.C. Romero y M.J. Tito. - 1a ed. - Entre Ríos: Fundagro-Fundación para el Desarrollo Agropecuario, ISBN 978-987-25076-0-2, 240 Pp: Inédito.

- Eastman, R. y M. Fulk (1993). Long sequence time series evaluation using standarized principal components. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 59: Pp: 1307-1312.

- Engman, E.T.; Gurney, R.J. (1991). Remote sensing in hidrology. London, Chapman and Hall.

— —

- Environmental Systems Research Institute ESRI Inc. (1996) Manual de usuario ArcView GIS 3.2.
- Estrela, T. (1994) Curso sobre utilización de los sistemas de información geográfica en hidrología. Cap. Los SIG en Hidrología. CEDEX. España.
- Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales, (2005) www.fao.org/forestry/fra2005.
- Evaluation system for water resource planning. Water Resources Research, vol. 9, n.3, Pp.:523-535,(1973).44.
- FAO, - FRA 2000, Términos y definiciones. Departamento de Montes. Programa de evaluación de los Documentos de trabajo 1. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación. Recursos Forestales Roma, (1998) 17 Pp.
- Foro Mundial del agua. Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible (IIDS). Secretariado del IV Foro Mundial del Agua. SÍNTESIS DEL IV FORO MUNDIAL DEL AGUA. 16 AL 22 DE MARZO DE 2006.
- Foti, O.F.; Fuentes, R.H. (2005). Capítulo 2. El Medio. Geomorfología. En Carta de Suelos de la República Argentina. Departamento Gualeguaychú. Provincia de Entre Ríos. Plan Mapa de Suelos. Acuerdo Complementario INTA-Gobierno de Entre Ríos. INTA Estación Experimental Agropecuaria Paraná. Serie Relevamiento de Recursos Naturales N° 23.
- Franklin, S.E. Remote Sensing for Sustainable Forest Management. Lewis Publisher. 448 Pp.
- García, N. Mónica; C.O. Duarte. (2009). Caracterización Morfológica de la Cuenca del Arroyo Feliciano. Aportes para la Gestión integrada de los recursos hídricos de la Cuenca del arroyo Feliciano, Entre Ríos. / O. Duarte; E. Díaz; E. Zamanillo; con colaboración de E.C. Romero y M.J. Tito.

- 1a ed. - Entre Ríos: Fundagro- Fundación para el Desarrollo Agropecuario, ISBN 978-987-25076-0-2, 240 Pp. Inédito.

- Girardin, P.; Bockstaller, C.; Van Der Werf, H.(2000). Assessment of potential impacts of agricultural practices on the environment: the AGRO*ECO method. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 20, Pp. 227-239.

- Girardin, P.; Bockstaller, C.; Van Der Werf, H. Indicators: tools to evaluate the environmental impacts of farming systems. *Journal of Sustainable Agriculture*, v. 13, n. 4, Pp: 5-21, 1999.

- Graziano Da Silva, J.; Vilarinho, C.; Dale, P.J. (1998). Turismo em áreas rurais: suas possibilidades e limitações no Brasil. In: Almeida, J.A.; Riedl, M.; Froehlich, J.M. (Ed.). *Turismo Rural e Desenvolvimento Sustentável*. Santa Maria, RS: Centro Gráfico, Pp.11-47.

- Gutierrez Palacios, J. (1994). El medioambiente, los desastres naturales y la cartografía de riesgos. *Memorias del III Congreso Internacional de Ciencias de la Tierra*. Chile. Pp 53 – 66.

- Hyams, D. Curve Expert Version 1.37. A curve fitting system for Windows. Copyright, 1995-2001.

- INCYTH, (1986). Mapa de Cuencas y Regiones Hídricas Superficiales de la República Argentina a Escala 1:2.500.000. Ezeiza. Pcia. de Buenos Aires.

- Informativo Ecologista: Sunday June 06, 2004 at 08:18 PM.Paraná, Entre Ríos (Argentina).

- InfoStat. (2005). InfoStat versión 1.6. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

- INTA - Gobierno de Entre Ríos. (1986). Carta de suelos de la República Argentina, Departamento Feliciano, Provincia de Entre Ríos. Plan Mapa de Suelos.

- -

- INTA - Gobierno de Entre Ríos. (1990). Carta de suelos de la República Argentina, Departamento La Paz, Provincia de Entre Ríos. Plan Mapa de Suelos. Tomos I y II.
- INTA - Gobierno de Entre Ríos. (1991). Carta de suelos de la República Argentina, Departamento Diamante, Provincia de Entre Ríos. Plan Mapa de Suelos.
- INTA - Gobierno de Entre Ríos. (1993). Carta de suelos de la República Argentina, Departamento Concordia, Provincia de Entre Ríos. Plan Mapa de Suelos.
- INTA - Gobierno de Entre Ríos. (1993). Carta de suelos de la República Argentina, Departamento Federal, Provincia de Entre Ríos. Plan Mapa de Suelos.
- INTA - Gobierno de Entre Ríos. (1995). Carta de suelos de la República Argentina, Departamento Gualeguay, Provincia de Entre Ríos. Plan Mapa de Suelos.
- INTA - Gobierno de Entre Ríos. (1995). Carta de suelos de la República Argentina, Departamento Tala, Provincia de Entre Ríos. Plan Mapa de Suelos.
- INTA - Gobierno de Entre Ríos. (1996). Carta de suelos de la República Argentina, Departamento Victoria, Provincia de Entre Ríos. Plan Mapa de Suelos.
- INTA - Gobierno de Entre Ríos. (1998). Carta de suelos de la República Argentina, Departamento Paraná, Provincia de Entre Ríos. Plan Mapa de Suelos.
- INTA - Gobierno de Entre Ríos. (1999). Carta de suelos de la República Argentina, Departamento Villaguay, Provincia de Entre Ríos. Plan Mapa de Suelos.

- INTA - Gobierno de Entre Ríos. (2000). Carta de suelos de la República Argentina, Departamento San Salvador, Provincia de Entre Ríos. Plan Mapa de Suelos.
- INTA - Gobierno de Entre Ríos. (2001). Carta de suelos de la República Argentina, Departamento Nogoyá, Provincia de Entre Ríos. Plan Mapa de Suelos.
- INTA - Gobierno de Entre Ríos. (2002). Carta de suelos de la República Argentina, Departamento Colón, Provincia de Entre Ríos. Plan Mapa de Suelos.
- Iriondo M; Kröhling D. (2008). El Cuaternario de la cuenca. Cap. 2. p. 37-212. En: Cambios ambientales en la cuenca del río Uruguay. Desde dos millones de años hasta el presente. Ed. Universidad nacional del Litoral. ISBN978-987-657-031-2. 358 p.
- Iriondo, M.H. (1980). El cuaternario en Entre Ríos. Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral. N° 11, p: 125-141. SIN 0325-2809.
- Jiménez, F. 2004. La cuenca hidrográfica como unidad de planificación, manejo y gestión de los recursos naturales (disco compacto). Apuntes del Curso Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas I. CATIE. CR
- Jornadas Nacionales de Protección y Manejo Sustentable del Bosque Nativo. 26 al 27 de octubre de 2006. La Paz, Entre Ríos, Argentina
- Jozami, J.Y, Muñoz, J. (1984). Árboles y arbustos indígenas de la Provincia de Entre Ríos. IPNAYS (CONICET- UNL), Santa Fe. 421 Pp.
- Kauth, P.J. and G.S. Thomas. (1976) “The Tasseled Cap – A Geographic Description of the Spectral-Temporal Development of Agricultural Crops as Seen by Landsat.” In Proceedings of the 2nd International Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data, Purdue University, West Lafayette, Indiana, pp. 4b41-4b51, June 1976.

- Kitamura, C.P.; Queiroz, J.F. De; Lopes, R.B.; Castro Jr. F.G. De; Boyd, C. E.(2002). Environmental and Economic Assessment of Fee-Fishing in São Paulo State, Brazil. *Journal of Applied Aquaculture*, v.12, n.4, p. 23-41, 2002.
- Kleinerman, Rubén y José Manuel Pérez, (1997), Determinación de las Áreas Potencialmente Aptas para la Agricultura en la Provincia de entre Ríos. Estimación del Área cubierta por Monte Nativo en la Provincia de Entre Ríos.
- Köppen, W. (1936). *Das geographische System der Klimate* (Handbuch der Klimatologie, Bd. 1, Teil C).
- Lanna, A.E.L. (2000). “Sistemas de gestão de recursos hídricos: análise de alguns arranjos institucionais.” *Revista Ciência e Ambiente*, 21, Julho-Dezembro 2000, 21-58.
- Lanna, A.E, (1991) *Gerenciamiento de Bacia Hidrográfica, Conceitos, Principios, e Aplicacoes no Brasil*.
- Lenzi, Luis M y otros (2003): Estimación de la disponibilidad del recurso hídrico superficial con destino a riego en una cuenca del centro-este de Entre Ríos. Instituto Nacional del Agua- Centro Regional Litoral.
- Lenzi, L.; Duarte, O.; Dacunda, P.; Ecclesia, R.P., García, L., Romero, C.; Díaz, E. y H. Casas (2004). Evaluación Agrohidrológica e Hidroquímica de Represas de Almacenamiento con Destino a Arroz, Jornada Pro Arroz.
- Lenzi, L; Díaz, E. y Duarte, O. (2005). “Recursos hídricos superficiales con destino a riego en una cuenca del centro-este de Entre Ríos”. CONAGUA 2005 XX. Mendoza-Argentina. Pp 303.
- Lenzi, L., O. Duarte y E. Díaz. El Arroz. (2006). Su cultivo y sustentabilidad en Entre Ríos: Cap.: “Recursos Hídricos superficiales”. Editorial: Universidad Nacional de Entre Ríos y Ediciones de la Universidad Nacional del

Litoral. Director de Obra: René A. Benavídez. ISBN: 950-698-168-X. Año de edición: 2006. Volumen: Uno. Pp 125 – 136.

- Lenzi, L. (2009) Recursos hídricos superficiales de la Cuenca del Arroyo Feliciano. Aportes para la Gestión integrada de los recursos hídricos de la Cuenca del arroyo Feliciano, Entre Ríos. / O. Duarte ; E. Díaz ; E. Zamanillo ; con colaboración de E. C. Romero y M. J. Tito. - 1a ed. - Entre Ríos : Fundagro-Fundación para el Desarrollo Agropecuario, ISBN 978-987-25076-0-2, 240 Pp. Inédito.

- Lo, T.H.C., F.L. Scarpace y T.M. Lillesand. (1986). Use of multitemporal spectral profiles in agricultural land-cover classification. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 52: 535-544.

- Massa, R.; Bendersky, D.; Faccendini, N.; Cruaños, M. del C.; Cruaños, M. J.; Gutkind, G.; Muñoz, J. de D.; Ferraro, G.; Martino, V.; Vivot, E.(2004). Screening Antimicrobiano De Seis Especies Nativas De La Flora De Entre Ríos. Fraccionamiento Bioguiado Del Extracto Dicloromet Ánico De Polygonum punctatum. INEX 2004

- McDonald, G.T.; Smith, C.S. (1998). Assessing the sustainability of agriculture at the planning stage. Journal of Environmental Management, v. 52, Pp: 15-37.

- Mehl, H.; Peinado, O. (1997). “Fundamentos del procesamiento digital de imágenes” en: Aplicación de la teledetección y de los sistemas de información geográfica en la gestión de recursos naturales. Editores: Harald Mehl, Erich Mies. Print: Proff offsetdruck, Alemania. Pp: 63-70.

- Mestres, J. (1990). Relevamiento forestal aerofotográfico de entre Ríos. INTA Concordia.

- Mies, E. y Krusken, E. (1997). Aplicación de la teledetección y de los sistemas de información geográfica en la gestión de recursos naturales. Deutsche Stiftung fur Ernährung und Landwirtschaft ISBN 3-931227-61-8.

- Moran, G.J., Krishnadasan, A.; Gorwitz, R.J. et al. (2006) Methicillin - Resistant Infections among Patients in the Emergency Department (Emergency ID Net Study Group). The New England Journal of Medicine, 355 (7):666-674.
- Moriarty P. (IRC), Butterworth J. (IRC) y C. Batchelor.(2006) Revisado por: Annette Bos (IHE). La gestión integrada de los recursos hídricos y el subsector de agua y saneamiento domestic. ISBN: 978-90-6687-063-5. IRC International Water and Sanitation Centre. Abril 2006 (traducción)
- Mouat, D.A., G.G. Mattin y J. Lancaster. (1993). Remote sensing techniques in the analysis of change detection. Geocarto International 8: 39-50.
- Neher, D. (1992). Ecological sustainability in agricultural systems: definition and measurement. Journal of Sustainable Agriculture, v.2, n.3, Pp:51-61,.
- Odum, H.T. (1996). Environmental Accounting. John Wiley & Sons. New York,
- Ordoñez, Delgado N. Serrano Amaya D.H. y U. Maceda Guido.(1995) Aplicación de un Sistema de Información Geográfica en la planificación del uso de la tierra del Municipio de Alvarado, Departamento del Tolima, Universidad Distrital Francisco José de Caldas e Instituto Geográfico Agustín Codazzi, programa de especialización en Sistemas de Información Geográfica, Santa Fé de Bogotá.
- Organización de la Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO); Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2009) Recursos Hídricos Compartidos – Oportunidades Compartidas. “Día Mundial del Agua”.
- Plan de Desarrollo forestal. (1996) Ministerio de Obras y Servicios Públicos, Secretaría de agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría de

Programación Económica, Secretaría de Comercio e Inversiones, República Argentina.

- Plan Mapa de Suelos de la Provincia de Entre Ríos (1984). Suelos y erosión de la Provincia de Entre Ríos. Serie Relevamiento de Recursos Naturales N° 1. Tomo 1. Convenio INTA-Gobierno de Entre Ríos. III Edición. 109 Pp.

- Plan Mapa de Suelos de la Provincia de Entre Ríos. (1986). Carta de suelos de la República Argentina, Departamento Feliciano, Provincia de Entre Ríos. Convenio INTA - Gobierno de Entre Ríos. Serie Relevamiento de Recursos naturales N° 3. ISSN-0325-9099.

- Plan Mapa de Suelos de la Provincia de Entre Ríos. (1990). Carta de suelos de la República Argentina, Departamento La Paz, Provincia de Entre Ríos. Convenio INTA - Gobierno de Entre Ríos. Tomos I y II. Serie Relevamiento de Recursos naturales N° 7. ISSN-0325-9099.

- Plan Mapa de Suelos de la Provincia de Entre Ríos. (1993). Carta de suelos de la República Argentina, Departamento Federal, Provincia de Entre Ríos. Convenio INTA - Gobierno de Entre Ríos. Serie Relevamiento de Recursos naturales N° 11. ISSN-0325-9099.

- Plan Nacional Federal de Los Recursos Hídricos. Versión 16 de Mayo de 2007 presentada en CONAGUA (2007) San Miguel de Tucumán. Consejo Hídrico Federal

- Pochat, V. (2005). Entidades de Gestión del agua a nivel de cuenca experiencia de Argentina. UN Cepal. Serie Recursos Naturales e infraestructura. Santiago de Chile, oct 2005.

- Propuestas de Gestión que integren a las comunidades de pueblos originarios y familias rurales Proyecto Bosques Nativos y su Biodiversidad 1 “Consultoría Manejo Forestal Sostenible y Comunidad” Informe del Objetivo: Producto 15 Misiones, agosto de 2010.

- Quintas, L. (1994) Curso sobre utilización de los sistemas de información geográfica en hidrología. Cap. Concepto del SIG. Tipos. CEDEX. España
- Quintero, C.; Arévalo, E.; Arrúa, J.; Boschetti, G. (2002). Respuesta a la fertilización en suelos con tosquilla. p. 35-38. En: Resultados experimentales 2001-2002, volumen XI.. Ed. INTA EEA C. del Uruguay y Fundación Proarroz. 79 Pp.
- Red Latinoamericana de Cuencas hidrográficas (REDLACH), FAO y el Instituto Nacional de Recursos Naturales del Perú (INRENA). III Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas en Arequipa, Perú. 2003
- Ritzema H.P. (1994). Drainage principles and Application. ILRI publicación 16, Wageningen,
- Rodrigues, G.S.; Buschinelli, C.C. de A.; Irias, L.J.M.; Ligo, M.A.V. (2000) Avaliação de Impactos Ambientais em Projetos de Pesquisa II: Avaliação da Formulação de Projetos - Versão I. Jaguariúna (SP): Embrapa Meio Ambiente, Boletim de Pesquisa 10. 28 Pp,.
- Rodrigues, G.S.; Campanhola, C.; Valarini, P.J. (2002) Método e indicadores para avaliação de impactos ambientais do sistema de produção orgânica de hortaliças em estabelecimentos familiares rurais. p. 341-353. In: FUENTE, D. F. & COTO, J.L.P. (Eds.). Congreso De La SEAE, 5 y Congreso Iberoamericano De Agrecología, 1. Gijón, Asturias.16 al 21/09/2002. SERIDA, SEAE. Tomo I. 772p.
- Rodrigues, G.S., Campanhola, C. (2003). Sistema integrado de avaliação de impacto ambiental aplicado a atividades do Novo Rural. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 38, n. 4, p. 445-451.
- Rojas M., L.M., Mejía Ramos, S., Valdivieso Calles, J.P. y A. Escarraman Rodríguez (1996). Aplicación de un SIG para determinar Zonas Homogéneas Altitudinales en la Cuenca del río Conbeima, Departamento del

Tolima. Universidad Distrital Francisco José de Caldas e Instituto Agustín Codazzi, Programa de Especialización en Sistemas de Información Geográfica. Santa Fe de Bogotá,

- Romero E.C. y J.L. Zufiaurre (2009) El Sistema de Información Geográfica de la Cuenca del Arroyo Feliciano. Aportes para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la Cuenca del arroyo Feliciano, Entre Ríos. / O. Duarte; E. Díaz; E. Zamanillo; con colaboración de E.C. Romero y M.J. Tito. - 1a ed. - Entre Ríos: Fundagro- Fundación para el Desarrollo Agropecuario, ISBN 978-987-25076-0-2, 240 Pp. Inédito. Inédito.

- Romero E. C. (2010) “Estudio multitemporal del cambio en la superficie de los bosques nativos de la Provincia de Entre Ríos, mediante Teledetección y Sistemas de Información Geográfica”. Tesis de Posgrado Maestría en Ciencias Agropecuarias, Mención Gestión Ambiental. Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

- Romero, E.; Díaz, E.; Boschetti, N.G y O. Duarte (2010) Aplicación de un SIG para estimar la vulnerabilidad del agua subterránea a los pesticidas en la Cuenca del Arroyo Feliciano. Entre Ríos. Argentina Revista Científica Agropecuaria 14(1): Pp.15-25 © 2010 Facultad de Ciencias Agropecuarias – UNER.

- Romero, Emilia Corina; Zufiaurre, José Luis (2006), “Determinación del área ocupada por Bosques Nativos en la Provincia de Entre Ríos mediante la aplicación de herramientas SIG”.

- Rossi, R.; Nota, D. (2000). Nature and landscape production potentials of organic types of agriculture: a check of evaluation criteria and parameters in two Tuscan farm-landscapes. Agriculture, Ecosystems and Environment, v. 77, Pp: 53-64.

- Ryherd, S.L. and C.E. Woodcock, “The Use of Texture in Image Segmentation for the Definition of Forest Stand Boundaries.” In 23rd

International Symposium on Remote Sensing of Environment, Bangkok, Thailand, pp. 1209-1213, 18-25 April 1990.

- Sabattini, R., Muzzachiodi, N., y Dorch, F. (2002). Manual de prácticas de manejo de monte nativo. Cátedra de Ecología – Facultad de Ciencias Agropecuarias – UNER.

- San Miguel, S.; Alvez, C., Zamanillo, E. (2005). “Implementación de un modelo hidrológico de balance diario para simular la transformación lluvia-caudal en áreas irrigadas”. XI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2005). Concordia – Entre Ríos. ISBN 950-698-166-3.

- San Miguel, S., C. Alvez, E. Díaz; E.Zamanillo (2009).Evaluación del riesgo en el riego de arroz para los embalses de la Cuenca Feliciano. Aportes para la Gestión integrada de los recursos hídricos de la Cuenca del arroyo Feliciano, Entre Ríos. / O. Duarte; E. Díaz; E. Zamanillo; con colaboración de E.C. Romero y M.J. Tito. - 1a ed. - Entre Ríos: Fundagro- Fundación para el Desarrollo Agropecuario. ISBN 978-987-25076-0-2, 240Pp. Inédito

- Schmidt F. y A. Persson (2003). “Comparison of DEM data capture and topographic wetness indices”. Precision Agriculture 4 ,pp. 179–192.

- Schott,J.B.; C. Salavaggio, and W.J. Volchok, (1988)“Radiometric Scene Normalization Using Pseudoinvariant Features.” Remote Sensing of Environment, Vol. 26, No.1, pp. 1-16, October.

- Schriever, J.R. y R.G. Congalton (1995). Evaluating seasonal variability as an aid to cover-type mapping from Landsat Thematic Mapper data in the Northeast. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 61: Pp:321-327.

- Scotta E. (1993) Drenaje superficial de Tierras. Desarrollo de proyectos a nivel de predio. INTA EEA Paraná. Serie Extensión N° 7. 54 Pp.

— —

- Scotta E., Nani, L.; Conde A.; Castañeira H. y O. Paparotti (1986). “Manual de Sistematización de Tierras para el control de erosión hídrica y aguas superficiales excedentes” del INTA EEA- Paraná. Serie Didáctica N° 17
- Secretaría de agricultura, Ganadería Pesca y alimentación (1997). Guía Forestal Argentina. Segunda Edición.
- Secretaría de agricultura, Ganadería Pesca y alimentación. (1999). Argentina oportunidades de Inversión en bosques cultivados.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. (2002). Diseño y desarrollo del sitio: Dirección de Bosques. Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal (UMSEF). Proyecto Utilización de los sistemas satelitales SACC/MMRS - Landsat 7/ ETM - TERRA/MODIS en el monitoreo y evaluación de las regiones de bosque nativo de Argentina.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. (2004). Diseño y desarrollo del sitio: Dirección de Bosques. Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal (UMSEF) Estimación de la pérdida de superficie de bosque nativo y tasa de deforestación en el norte de Argentina.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas Préstamo BIRF 4085 – AR (2003).
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Regiones Forestales. Dirección de Bosques Producción Primaria 2005 ISSN 1850-7158 (versión digital) (2005).
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. (2004). Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal. Informe sobre Deforestación en Argentina. Montenegro C.; Gasparri I.; Manghi E.; Strada M.; Bono J.; G.Parmuchi.

- Sequin, C.J; Vivot, E.P; I. Herrero (2007). Actividad Antibacteriana In Vitro de Extractos de *Schinus fasciculatus*. XV Jornadas de Jóvenes Investigadores de la AUGM - 24, 25, Y 26 de Octubre de 2007.
- Singh, A. (1986). Change detection in the tropical forest environment of Northeastern India using Landsat. Remote Sensing and Tropical Land Management. (M. J. Eden y J. T. Parry, Eds.). Chichester, John Wiley: 237-254.
- Singh, R.K., Prasad, V.H., Bhatt C.M. (2004). Remote sensing and GIS approach for assessment of the water balance of a watershed. Hydrological Sciences Journal, (Vol. 49) (No. 1) 131-141.
- Smits, P. y L. Bruzzone. (2003). “Analysis of Multi-Temporal Remote Sensing Images”. Proceedings of the Second International Workshop on the Multitemp 2003. Joint Research Centre, Ispra, Italy 16 - 18 July 2003.
- Soils Survey Staff . (1975). Soil Taxonomy. Soil Conservation Service, USDA Handbook N° 436. US Govt. Printing Off, Washington DC, 754 Pp.
- Soils Survey Staff. (1998). Key to Soil Taxonomy. (Eighth Edition). USDA, Natural Resources Conservation Service, Washington DC, 326 Pp.
- Solier, Pablo M. (2006). Tesis Final de Graduación. Caracterización del Medio Físico y Balance Hídrico de la Cuenca del Arroyo Feliciano, Trabajo Final de Graduación.
- Spahn, E. y J. Casermeiro. (1999). Caracterización agroecológica y productiva de la zona norte de Entre Ríos. En Sistemas agroforestales para pequeños productores de zonas húmedas . Casermeiro- Spahn. Ed. Paraná. PP 23-28.
- Stockle, C.O.; Papendick, R.I.; Saxton, K.E.; Campbell, G.S.; Van Evert, F .K. A (2000). Framework for evaluating the sustainability of agricultural

production systems. American Journal of Alternative Agriculture, V. 9, n.1-2, p. 45-51, 1994. Straskraba y Tundisi.

- Subsecretaria de Recursos Hídricos de la Nación (2001), Atlas Digital de los Recursos Hídricos Superficiales de la República Argentina.
- Tasi, H.A.; Bourband, J. (1990). Provincia de Entre Ríos. Atlas de Suelos de la República Argentina. Secretaría de Agricultura, Ganadería y pesca. Proyecto PNUD ARG. 85/019. INTA. Centro de Investigaciones de Recursos Naturales. ISBN 950-432964-1.
- Thornthwaite, C.W and Matter, J.R. (1955). The water balance. Climatology VIII , 104 p
- Thornthwaite, C.W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. Geograph. Rev., Pp:38, 55.
- Tito M.J. San Miguel S., Pérez M., E.A. Zamanillo (2009). Caracterización Hidroclimática de la Cuenca del Arroyo Feliciano. Aportes para la Gestión integrada de los recursos hídricos de la Cuenca del arroyo Feliciano, Entre Ríos. O. Duarte; E. Díaz; E. Zamanillo; con colaboración de E.C. Romero y M.J. Tito - 1a ed. - Entre Ríos: Fundagro- Fundación para el Desarrollo Agropecuario, ISBN 978-987-25076-0-2, 240 pp. Inédito.
- Toursarkissian M. (1980). Plantas medicinales de la Argentina. Sus nombres botánicos, vulgares, usos y distribución geográfica. Editorial Hemisferio Sur. Ira Edición.
- Trento, A.; Alvarez, A.; de Abramovich, BL. & Haye, M. (2002). "Distribución espacial de bacterias coliformes en La Laguna Setubal" Cuadernos del CURIHAM. Vol. 8 N° 1 Pp: 49-63. UNR Editora.
- Tujchneider, O.C.; Fili, M. 1988. "Geohidrología de la Cuenca del Arroyo Feliciano" Provincia de Entre Ríos - Argentina. Rev. De la Asoc. Geológica Argentina. Tomo XLIII, N° 2. Pp: 163-174.

Turc, L. 1961. Evaluation des besoins en eau d'irrigation, evapotranspiration potentielle, formule climatique simplifiée et mise a jour. (en Francés). Ann. Agron. 12. Pp:13-49.

- Unidad de Manejo del sistema de Evaluación Forestal (UMSEF) (2003). Dirección de Bosques. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación.

- Vich A.I. (1999). "Aguas continentales. Formas y procesos". Manual de aplicaciones prácticas. Mendoza.

- Vivot E.P. y J.D. Muñoz (2005) Proyecto de Investigación. Informe Final Estudio de las Actividades Antimicrobianas y antiviral de extractos vegetales de especies autóctonas de Entre Ríos Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad Nacional de Entre Ríos.

- Vivot E., Muñoz J.D., Herrero I., Dragán A. y C. Sequin. (2006) Actividad Antibacteriana De Extractos Diclorometánicos De Once Plantas De La Flora De Entre Ríos, Argentina, (2006). Revista Cubana de Farmacia vol. 40 (Suplemento Especial):83, ISSN 034-7515.

- Vivot E.P.; I. Herrero; C.J. Sequin (2007) Actividad Antibacteriana in vitro de Extractos de *Clematis montevidensis* spreng (Ranunculaceae). Revista Científica Agropecuaria 11 (2): Pp: 149-152. Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNER.

- Vivot, E.; Muñoz, J.D.; Cruaños, M.C.; Cruaños M.J.; Escalante A.; Sortino M.; Zacchino S.; Lopez. S. (2001). "Actividad Antifúngica In vitro de trece especies de la flora de Entre Ríos contra cepas estandarizadas de dermatofito y aislamiento clínicos de *Trichophyton rubrum*", "X Simposio Latinoamericano y VII Simposio Argentino de Farmacobotánica ", Comodoro Rivadavia, Argentina. Resúmenes, Pp.65.

- Williams, J. y H. Berndt (1977). Determining the Universal Soil Loss Equation's length slope factor for watersheds. In: Soil Erosion: Prediction

and Control. Soil Conservation Society of America, Special Publication N121. pp. 217-225.

- Wischmeier, W.H. y Smith, D.D. (1978). "Predicting Rainfall Erosion Losses – a Guide to Conservation Planning". U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 537.

- Wulder, M.A. y Franklin, S.E. (2006). Understanding Forest Disturbance and Spatial Pattern: Remote Sensing and GIS Approaches. Kindle Edition. 246 Pp.

- Zamanillo. E.A.; Tito M.J., Garat M.E., P. Gómez (2010) Caracterización de Precipitaciones Máximas Para La Cuenca del Arroyo Feliciano. Aportes para la Gestión integrada de los recursos hídricos de la Cuenca del arroyo Feliciano, Entre Ríos. / O. Duarte; E. Díaz; E. Zamanillo; con colaboración de E.C. Romero y M.J. Tito. - 1a ed. - Entre Ríos: Fundagro-Fundación para el Desarrollo Agropecuario, 2009. ISBN 978-987-25076-0-2, 240 Pp. Inédito.

- Zucarelli; G.V., Morresi; M. (2000). "Geomorfología cuantitativa de la cuenca del arroyo Feliciano (Provincia de Entre Ríos)". Cuadernos del CURIHAM. Vol. 6 N° 1. Primer Semestre 2000. Pp. 36-47.

- Zucarelli; G.V. (2008). "Maestría en Gestión Integrada de los Recursos Hídricos". Curso "Gestión de Cuencas".

Páginas consultadas en INTERNET

- Acuerdo por el Agua en la Cuenca del Guadalquivir . (disponible en.http://www.diariocordoba.com/noticias/cordobaandalucia/luz-verde-acuerdo-por-agua-en-guadalquivir_175877.html).

- Cappato (2007). Proteger - lanzaron campaña nacional de un millón de votos por la "La Ley de Bosques", (disponible en.www.proteger.org.ar/doc701.html - 21k Octubre 2007).

- Casaza, Jessica (2003), “Informe nacional. La situación del manejo de cuencas en la República Argentina”, III Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas (Arequipa, Perú, 9 al 13 de junio de 2003) http://www.inrena.gob.pe/congreso_cuencas.
- COHIFE/Principios Rectores de Política Hídrica de la República Argentina <http://www.hidricosargentina.gov.ar/cohife.html>.
- Congreso-Latinoamericano-de-manejo-de-cuencas-hidrograficas . http://www.portalces.org/index.php?option=com_content&view=article&id=35:II-Congreso-Latinoamericano-de-manejo-de-cuencas-hidrograficas&catid=23:symposium-4&Itemid=100000052
- Dee, N., J.K.Baker, N.L.Drobny, K.M.Duke, I.Whitman & D.C.Fahringer, 1973. An environmental evaluation system for water resource planning. Water Resources Research, 9, Pp.523–35. <http://es.scribd.com/doc/59373310/100/Chapter-1>.
- Del Castillo, L. “La gestión del agua en Argentina”, (2007). Pp: 345-364.(disponible en: <http://ar.vlex.com/vid/gestion-agua-37509582>.)
- Gavino,M. Seminario de Aguas. (Disponible en: http://www.inia.cl/medios/intihuasi/documentos/SeminarioAguas/MarceloGavin_o.pdf, (Consultada en septiembre de 2012)).Grey. David y Claudia Sadoff, “Agua para el Crecimiento y el Desarrollo,” Documento Temático, IV Foro Mundial del Agua (2006); disponible en <http://www.portalcuencas.net>. (25-08-09)
- Grupo de Investigación en Agua y Saneamiento – GIAS. Facultad de Ciencias Ambientales. Universidad Tecnológica de Pereira. seminariosaguaysaneamiento@utp.edu.co (Consultada en septiembre de 2012). (Disponible.<http://www.ecodes.org/pages/especial/ISM/docs/Guadalquivir.pdf> (jul 27 de 2009)).
- Jetske Bruma y Madra Samad, (2009). “Effective governance of water resources – An overview,”International Water Management Institute

(IWMI); Miguel Solanes y Andrei Jouraviev, “Water governance for development and sustainability,” CEPAL. (Ambos disponibles en <http://www.portalcuencas.net>. (25-08-09)).

- Organización de las Naciones Unidas, Agenda 21 (2005). 1ra Cumbre Mundial para el Desarrollo Sustentable, Río de Janeiro, 1992. (disponible en: www.rolac.unep.mx/agenda21/esp/ag21inde.htm).

- Red Latinoamericana de Cuencas hidrográficas (REDLACH), FAO y el Instituto Nacional de Recursos Naturales del Perú (INRENA) organizaron el III Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas en Arequipa, Perú. Del 8 al 13 de junio 2003.(Disponible en.

- http://proceedings.esri.com/library/userconf/latinproc00/costa_rica/analisis_vulnerabilidad/ (Consultada, 2012))

- Ruiz, D., A; Blanco, H y F. Molina. (2007) ¿Cómo Lograr una Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas en Chile? RIDES; (disponible en: www.rides.cl, septiembre 2012)

- *Vision Mundial del agua. World Water Vision* www.worldwatercouncil.org/fileadmin/wwc/.../SpanishExSum.pdf Junio 2012

- http://proceedings.esri.com/library/userconf/latinproc00/costa_rica/analisis_vulnerabilidad/vulnerabilidad_acuiferoscr.htm

- Warman, V.J. and A. Rees-. “How to profit from the world’s water crisis,” MoneyWeek, 12 May 2006; (disponible en <http://www.moneyweek.com>)

- World Wildlife Fund (WWF),”Integrated River Basin Management”; (disponible en <http://www.panda.org>. (25-08-09)).